This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

552
R813

Mikroskopische

Physiographie

der

Mineralien und Gesteine.

Ein Hülfsbuch

bei mikroskopischen Gesteinsstudien

von

H. Rosenbusch.

Band I.

Die petrographisch wichtigen Mineralien.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 239 Holzschnitten, 24 Tafeln in Photographiedruck und der Newton'schen Farbenskala in Farbendruck.

Stuttgart.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Koch).

1892.

H

Mikroskopische

Physiographie

der

petrographisch wichtigen Mineralien.

Ein Hülfsbuch

bei mikroskopischen Gesteinsstudien

von

H. Rosenbusch.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 239 Holzschnitten, 24 Tafeln in Photographiedruck und der Newton'schen Farbenskala in Farbendruck.

Stuttgart.
E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Koch).
1892.

K. Hofbuchdruckerei Zu Guttenberg (Carl Grüninger) in Stuttgart.

LIBRARY
Leland Stanford, Jr.
UNIVERSITY

Vorwort.

Als in den letzten Decennien das Mikroskop, dem die übrigen beschreibenden Naturwissenschaften wesentlich ihre glückliche Entwicklung verdanken, immer mehr auch bei dem Studium der Mineralien und Gesteine verwendet wurde, waren es besonders die dunkleren Gebiete der Petrographie, die mineralische Zusammensetzung der kryptomeren Gesteine, deren Erforschung man mikroskopisch anstrebte. Zuerst erprobt an den Untersuchungen über Krystallstructur und Krystallgenese, erwartete man von diesem Instrumente auch sofort eine Aufklärung über die verwickelten Verhältnisse und über die Natur der Mineralgemenge. Selbst seit längeren Jahren mit dahin einschlagenden Arbeiten beschäftigt, hatte ich oft Gelegenheit zu fühlen, wie unsicher und schwankend hier der Boden sei, auf dem man arbeitete und baute, und mit immer wachsender Unwiderstehlichkeit drängte sich mir die Ueberzeugung auf, dass ein wahrhaft nutzbringendes mikroskopisches Studium der Gesteine erst dann möglich sei, wenn man eine mikroskopische Diagnose derjenigen Mineralien geschaffen habe, welche gesteinsbildend auftreten. Wenn ich nun die Resultate fremder und anhaltender eigner Arbeiten nach dieser Richtung der Oeffentlichkeit übergebe, so hoffe ich damit einen nicht ganz unwillkommenen Beitrag zur Förderung mikroskopischer Gesteinsstudien zu liefern.

Ich hatte bei Abfassung dieser Arbeit besonders den Zweck im Auge, den studirenden jüngeren Mineralogen einen Leitfaden in die Hand zu geben, mit dessen Hülfe sie sich rascher auf dem Gebiete der mineralogischen Mikroskopie heimisch machen könnten. Der allgemeine Theil des Buches soll sie mit den Methoden mikroskopischer Forschungen bekannt machen, der specielle ihnen ein möglichst klares und genaues Bild der für die Petrographie der krystallinischen Gesteine wichtigen Species geben.

70112

Wenn ich im allgemeinen Theile bei der Besprechung der optischen Verhältnisse etwas mehr ins Einzelne gegangen bin und Manches geglaubt habe erwähnen zu müssen, was in jedem Lehrbuche der Optik zu finden ist, so bewog mich dazu die hervorragende Bedeutung gerade der optischen Eigenschaften für die Erkennung der Mineralien unter dem Mikroskope und die oft gemachte Erfahrung, wie sehr dieselben von den Studirenden zu ihrem eigenen grössten Schaden vernachlässigt werden. Allenthalben, wo es nöthig schien, habe ich die besprochenen Verhältnisse durch schematische Zeichnungen zu erläutern gesucht; dieselben sollen nur die Anschauung erleichtern und machen auf strenge Winkelgenauigkeit keinen Anspruch. — Die ganze Anlage und der Zweck des Buches, welches ja kein Lehrbuch der Mineral-Optik sein soll, dürften es wohl hinreichend erklären, dass nicht eine strengere Form für die Besprechung dieser Verhältnisse gewählt wurde. Aehnliche pädagogische Erwägungen leiteten mich auch, wenn ich z. B. die Erläuterung der optischen Erscheinungen in dünnen, doppeltbrechenden Minerallamellen im polarisirten Lichte der Erklärung der gleichen Phänomene in dickeren Krystallplatten vorausgehen liess, obwohl ja die im ersten Fall auftretenden Farben nur der centrale Theil des Bildes sind, welches wir im zweiten Fall erhalten.

Aus der reichlichen Benutzung fremder Arbeiten wird mir um so weniger ein Vorwurf erwachsen können, als ich die Resultate derselben, wo es mir nur irgend möglich war, stets an eigenhändig gefertigten Präparaten geprüft habe. Die wenigen Fälle, wo das nicht geschehen konnte, wird man beim Lesen des Textes leicht herausfinden.

Ich war lange schwankend, ob nicht auch ein Abschnitt über die Technik des Mikroskopes hätte aufgenommen werden sollen; schliesslich war der Umstand entscheidend, dass ein solcher, wenn er nutzbringend sein sollte, das Buch unverhältnissmässig vergrössert und also vertheuert haben würde. Hierfür muss demnach auf die einschlägigen Werke, besonders das von Harting, verwiesen werden.

Nach meinen Erfahrungen wird der Werth mikroskopischer Beschreibungen wesentlich durch bildliche Darstellung erhöht; es war daher mein Bestreben, diese in möglichster Reichhaltigkeit, theils als Holzschnitte im Text, theils in den Farbentafeln zu geben. Dass bei den ersteren manche fremde Zeichnung mit Angabe der Quelle benutzt wurde, bedarf wohl keiner Entschuldigung. Bei Anfertigung der Tafeln, auf denen sich nur eigene Zeichnungen finden, habe ich

mit Fernhaltung Alles dessen, was man Schematisirung derselben nennen könnte, stets eine absolut objective Wiedergabe des mikroskopischen Bildes angestrebt. — Dass auf den Farbentafeln die Mineralien der späteren Systeme gegenüber den amorphen und regulären etwas stiefmütterlich behandelt worden sind, hat seinen Grund darin, dass ursprünglich mehr Tafeln in Aussicht genommen waren. Doch beliefen sich die Kosten für Anfertigung derselben so hoch, dass ihre Zahl auf 10 beschränkt werden musste, wenn nicht allzu weit über das billige Maass hinausgehende Anforderungen an die dankbar anzuerkennende Opferwilligkeit des Herrn Verlegers gestellt werden sollten. — Von den Zeichnungen solcher mikroskopischer Verhältnisse, die schon in leicht zugänglichen Specialarbeiten eine graphische Darstellung gefunden hatten, konnte Abstand genommen werden. Ferner wurde darauf gesehen, solches Material als Object zu den Zeichnungen zu wählen, welches unschwer für jeden zu beschaffen ist, damit der Lernende an selbstangefertigten Präparaten nach Anleitung des Buches seine Beobachtungen und Studien machen könne. Denn das muss man nicht vergessen: mit dem blossen Lesen und Studiren ist es nicht gethan; — wer mikroskopische Mineralogie lernen will, muss an den Schleiftisch und an das Mikroskop.

Die genaue und gewissenhafte Angabe der Literatur bei jedem Gegenstande, sowie die Zusammenstellung derselben am Schlusse des Buches, dürfte auch dem Fachmann nicht ganz unwillkommen sein und ist besonders darauf berechnet, dem Anfänger Gelegenheit zu geben, sich in die historische Entwicklung der Wissenschaft einzuleben. Eine eingehende Kenntniss der Geschichte der Wissenschaft scheint mir durchaus nothwendig, um den organischen Zusammenhang des Individuums mit der Gesammtheit herzustellen, durch welchen allein die fördernde Einheit und das klare Bewusstsein der anzustrebenden Ziele in die wissenschaftliche Entwicklung kommt. Ferner aber kann nur durch die historische Kenntniss seiner Wissenschaft jedem Studirenden das Seiende als ein Gewordenes erscheinen und ihn erkennen lassen, wie

Alles sich zum Ganzen webt,
Eins in dem Andern wirkt und lebt.

Sollte hie und da eine nennenswerthe Arbeit unerwähnt geblieben sein, so bitte ich das im Hinblick darauf zu entschuldigen, dass ja dem Einzelnen nicht alle Bücher und alle Zeitschriften zu-

gänglich sind. Für Belehrung und Unterstützung in dieser Richtung würde ich in ganz besonderem Grade dankbar sein.

Im Ganzen und Grossen glaube ich, gestützt auf die Erfahrungen, die ich im akademischen Vortrage des Gegenstandes dieses Buches zu sammeln Gelegenheit hatte, einen nicht durchaus falschen Weg eingeschlagen zu haben, bescheide mich aber gern gegenüber dem Urtheil erfahrenerer Forscher, deren sachliche Kritik mir in hohem Grade willkommen sein wird.

Trotz aller angewandten Sorgfalt sind im Text einige Druckfehler stehen geblieben, deren Verzeichniss angeheftet ist und die ich zu corrigiren bitte.

Schliesslich fühle ich mich gedrungen, meinem Freunde, Herrn Professor H. Fischer in Freiburg, den aufrichtigsten Dank für die unermüdliche Bereitwilligkeit auszusprechen, womit er durch die Erlaubniss zur Benutzung des akademischen Cabinets, seiner Privatbibliothek und seiner reichen Sammlung mikroskopischer Präparate meine Arbeit freundlichst gefördert hat.

Freiburg i. B. im Mai 1873.

H. Rosenbusch.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die gewaltigen Fortschritte, welche die mikroskopische Mineraldiagnose seit dem Jahre 1873 gemacht hat, bedingten eine vollkommene Umarbeitung der ersten Auflage dieses Buches. Anderweitige Beschäftigungen und eine angestrengte Lehrthätigkeit verzögerten die Erfüllung dieser Aufgabe fast über Gebühr.

Ob es mir gelungen ist, eine dem heutigen Standpunkt unserer Wissenschaft entsprechende Darstellung des Gegenstandes zu geben, muss ich der Beurtheilung berufener Fachgenossen überlassen. Die hohe Vervollkommnung der Methoden und Instrumente, sowie eine gewisse Verschiebung der Ziele und Gesichtspunkte bei mikroskopischen Mineraluntersuchungen, welche in dem letzten Decennium sich vollzogen hat, bedingten manche durchgreifende Aenderung in dem Plane, nach welchem die erste Auflage dieses Buchs bearbeitet war. Das rein Descriptive in derselben musste auf das unumgänglich nothwendige Maass beschränkt, das Hauptgewicht auf die Anleitung zu einer möglichst exacten mikroskopischen Bestimmung der Mineralien gelegt werden. Immerhin durfte und sollte dieses Buch kein Lehrbuch der Krystalloptik werden, es sollte ein Hülfsbuch bei petrographischen Untersuchungen bleiben. Das bedingte in manchen Punkten eine Abweichung von den strengen Methoden der Optik, über deren Berechtigung man verschiedener Ansicht sein kann und wird. Ich habe mich bei der Behandlung des Gegenstandes durch die Erfahrungen leiten lassen, welche ich in dem Zusammenarbeiten mit lieben Schülern seit nunmehr 16 Jahren habe sammeln können.

Die auf mikroskopische Mineralogie bezügliche Literatur ist eine so zahlreiche geworden und eine ihrem inneren Werthe nach so verschiedene, dass eine volle Berücksichtigung derselben, wie im Jahre 1873, nicht möglich war. Ich habe mich jedoch bestrebt, dieselbe in solcher Vollständigkeit bei jedem Gegenstande zu geben,

dass der Leser ohne Schwierigkeit die historische Entwicklung der Erkenntniss desselben verfolgen kann. Vor jedem Capitel steht das allgemein Wichtige aus demselben, in Fussnoten das nur oder mehr einzelfällig Bedeutsame. Nicht aufgeführt wurden die Lehrbücher von F. Fouqué und A. Michel-Lévy, von Ern. Mallard, G. Tschermak und J. Verdet, die ich ausgiebig benutzt habe. Ihr hoher Werth bedarf nicht meiner besonderen Anerkennung. — Einen nach Möglichkeit vollständigen Literaturnachweis habe ich dem Buche auf vielseitig mir ausgesprochenen Wunsch angehängt; ich folge darin dem Rathe von lieben Fachgenossen, auf deren Urtheil ich sehr grosses Gewicht lege, fast gegen meinen Willen.

An die Stelle der 10 chromolithographischen Tafeln der ersten Auflage sind 26 Tafeln in Lichtdruck getreten; dieselben machten viele lange Beschreibungen entbehrlich. Herr Professor Cohen in Greifswald gestattete freundlich die weitestgehende Benutzung seiner schönen Mikrophotographieen. Auch zur Vervollständigung des Literaturnachweises half er mir in bereitwilligster Weise. Ebenso erfreute ich mich der liebenswürdigen Unterstützung und des bewährten Rathes des Herrn Professor Klein in Göttingen. Beiden lieben Freunden danke ich auch an dieser Stelle nochmals herzlich.

Die Herstellung der Newton'schen Farbenskala war nicht ohne Schwierigkeit; es erwies sich unmöglich, dieselbe mit andern als mit Anilinfarben auszuführen. Man wolle sie also thunlichst vor Sonnenlicht schützen. Dieselbe wird hoffentlich die Benutzung der Interferenz-Erscheinungen zur Mineralbestimmung dem Anfänger wesentlich erleichtern.

Der Herr Verleger ist mit solcher freundlichen Bereitwilligkeit auf jeden meiner Vorschläge zur Ausrüstung dieses Buches, ohne Rücksicht auf die dadurch erwachsenden Kosten und Mühen eingegangen, dass ich mich ihm in hohem Grade verpflichtet fühle.

Allen meinen lieben Schülern und Freunden endlich, nah und fern, die hier die Früchte ihres Fleisses verwerthet finden, möge dieses Buch eine Erinnerung sein an die frohen Tage gemeinschaftlicher Arbeit und Anregung!

Einige sinnstörende Druckfehler wolle man vor der Benutzung des Buches corrigiren.

Heidelberg, September 1885.

H. Rosenbusch.

Vorwort zur dritten Auflage.

Es war mein Bemühen, bei der dritten Auflage dieses Buches dasselbe den heutigen Ansprüchen der Petrographen thunlichst anzupassen. Mancher Irrthum wurde ausgemerzt, manches Mineral neu aufgenommen. Besonders die Erforschung der Elaeolithgesteine hat den Kreis der gesteinsbildenden Mineralien erweitert. Hier war W. C. Brögger's Werk über den Langesund eine reiche Fundgrube. Auch das Buch der Herren A. Michel-Lévy und A. Lacroix „Les minéraux des roches" lieferte manche neue Angabe. Allenthalben sind meine Quellen angegeben. Dass ich sie nicht ohne Prüfung benutzte, wird die Durchsicht des Textes zeigen.

Die Lichtdrucktafeln konnten um zwei ohne Schaden vermindert werden; dafür wuchs die Zahl der Holzschnitte von 177 auf 239.

Allen Freunden und Schülern, die mich mit Untersuchungsmaterial und mit ihrer Arbeit unterstützten, sage ich herzlichen Dank. Besonders Herrn Dr. Wülfing in Tübingen und Herrn Professor Dr. Osann in Heidelberg bin ich nach dieser Richtung in hohem Grade verpflichtet.

Das Literatur-Verzeichniss, welches theils der 2. Auflage dieses Bandes, theils derjenigen des 2. Bandes angehängt war, soll gegebenen Falls ungetheilt einer neuen Auflage des 2. Bandes beigegeben werden.

Einige Druckfehler und Nachträge wolle man vor Benutzung des Buches berücksichtigen und statt der Tabelle über das Brechungsvermögen der gesteinsbildenden Mineralien auf S. 157 die erweiterte und z. Th. corrigirte Zusammenstellung im Druckfehlerverzeichniss benutzen.

Und so möge auch ferner dieses Buch den Freunden und Jüngern der Gesteinslehre sich brauchbar erweisen.

Heidelberg, Juni 1892.

H. Rosenbusch.

Inhalt.

Allgemeiner Theil S. 1—272.

	Seite
Definition	1
Historische Einleitung	1— 6
Herstellung des Beobachtungsmaterials	6— 14

I. Morphologische Eigenschaften S. 14—74.

1) **Krystalle und Krystalldurchschnitte; Messung derselben**; mikroskopische Messung linearer Grössen, ebener Winkel, LEESON's Goniometer, Messung von Körperwinkeln nach WERTHEIM's, THOULET's, BERTRAND's Verfahren	14— 27
2) **Krystallbildung und Anomalien derselben**	27— 74
a) äussere in der Gestalt: Wachsthumsformen; Globulite, Cumulite, Margarite, Longulite, Krystallite; Trichite, Sphärokrystalle, Krystallskelette, Mikrolithe; mechanische Deformationen; chemische Deformationen	27— 40
b) innere in der Homogeneität; schaliger Bau durch Wachsthumsintermittenz und durch isomorphe Schichtung; Einschlüsse und ihre Classification; Gaseinschlüsse, Flüssigkeitseinschlüsse und ihre Libellen; Wasser, Salzlösungen und liquide Kohlensäure, zwei sich nicht mischende Flüssigkeiten; Krystallisationen in Flüssigkeitseinschlüssen; Glaseinschlüsse, Schlackeneinschlüsse; individualisirte Einschlüsse; Anordnung der Einschlüsse	40— 64
c) Zwillinge	64— 67
d) Aggregate: regellose Aggregate, kuglige Aggregate.	68— 74

II. Physikalische Eigenschaften S. 75—211.

1) **Eigenschaften der Cohäsion**	75— 78
2) **Optische Eigenschaften**	78—211
a) Brechung und Brechungsexponent in isotropen Medien: Brechungsgesetz, Grenzwinkel, Totalreflexion, Relief, Beleuchtung und runzelige Oberfläche der Mineraldurchschnitte, Bestimmung der Brechungsexponenten von Flüssigkeiten, von festen Körpern nach DE CHAULNES, BERTIN, THOULET	78— 91

Seite

b) Doppelbrechung in anisotropen Medien, mit einer und mit zwei optischen Axen, optischer Charakter, optische Axen, Hauptbrechungsexponenten, Bissectricen; optische Charakteristik der drei Krystallsysteme ohne Hauptaxe, Dispersionen; Einfluss von Temperatur und Druck auf die Doppelbrechung; einseitiger Druck und ungleichmässige Temperaturerhöhung . . . . . 91—112

c) Untersuchung der Mineralien im parallelen polarisirten Lichte; Polarisationsinstrumente, Turmalinzange, Cosinus-Gesetz, NICOL'sche Prismen, Mikroskope mit Polarisationsvorrichtung von FUESS, NACHET, VOIGT und HOCHGESANG; isotrope Mineralblättchen im parallelen polarisirten Lichte, dünne Blättchen doppelbrechender Mineralien im parallelen polarisirten Lichte; Ableitung des Gesetzes für den Interferenzstrahl, NEWTON'sche Farbenskala; Verhalten doppelbrechender Blättchen senkrecht zu einer optischen Axe im polarisirten Lichte; Verhalten mehrerer über einander liegender doppelbrechender Blättchen im polarisirten Lichte; Blättchen aus anisotropen Zwillingskrystallen im polarisirten Lichte; stauroskopische Methode zur Bestimmung der Auslöschungsrichtungen in doppelbrechenden Blättchen, CALDERON'sches und BERTRAND'sches Ocular, Bestimmung des relativen Werthes der beiden Elasticitätsaxen eines doppelbrechenden Blättchens; Bestimmung des Brechungsexponenten in doppelbrechenden Blättchen; Uebersichtstabelle der Durchschnittsbrechungsexponenten der gesteinsbildenden Mineralien, Refractionsäquivalent, specifisches Brechungsvermögen und GLADSTONE'sches Gesetz; BABINET'scher Compensator und Bestimmung der Stärke der Doppelbrechung nach MALLARD und MICHEL-LÉVY; Uebersichtstabelle für den Werth $\gamma - \alpha$ bei den gesteinsbildenden Mineralien . . . . . 112—167

d) Untersuchung der Mineralien im convergenten polarisirten Lichte: NÖRREMBERG'sches Polarisationsinstrument und Umwandlung des Mikroskops in ein solches; Interferenzerscheinungen einaxiger, senkrecht zur Axe geschnittener Blättchen im convergenten polarisirten Lichte; einaxige Blättchen parallel der Axe im convergenten polarisirten Lichte; Blättchen aus optisch zweiaxigen Krystallen senkrecht zu einer Axe; Blättchen aus solchen senkrecht zu einer Bissectrix, Dispersionserscheinungen der rhombischen, monoklinen und triklinen Mineralien; Bestimmung des optischen Charakters einaxiger und zweiaxiger Blättchen im convergenten Lichte vermittelst des $\frac{1}{4}$ Undulationsglimmerblättchens und des Quarzkeils; Messung des Winkels der optischen Axen nach MALLARD und BERTRAND; Bestimmung der Bissectricenschiefe . . . . . 167—198

Seite

e) Farbe der Mineralien: Farbe und Pigment; Pleochroismus der einaxigen und zweiaxigen Mineralien, HAIDINGER'sche Loupe und mikroskopische Bestimmung des Pleochroismus; Polarisationsbüschel, pleochroitische Höfe, künstlich erzeugter Pleochroismus . . . . . 198—211

III. Chemische Eigenschaften S. 212—272.

Chemische Untersuchung an Dünnschliffen; Behandlung mit Reagentien, Gasentwicklung und Lösung, Gelatination und Tinction; Aetzung, Glühen . . . . . 215—226

Mikrochemische Untersuchung loser Körner: Herstellung des Materials, Trennung nach specifischem Gewicht, Scheideflüssigkeiten nach THOULET, KLEIN, ROHRBACH, BRÉON, RETGERS und Trennungsapparate nach THOULET, HARADA, BRÖGGER; Scheidetrichter, Indicatoren, Bestimmung des specifischen Gewichts von Scheideflüssigkeiten und darin suspendirter Körner; Trennung eines Körnergemenges durch den Electromagneten; Trennung der Mineralien auf chemischem Wege; Bestimmung des spec. Gew. isolirter Pulver; Uebersichtstabelle der specifischen Gewichte der gesteinsbildenden Mineralien: Härtebestimmung der isolirten Pulver; mikrochemische Reactionen nach BOŘICKY, BEHRENS, HAUSHOFER, STRENG u. A. . . . . 226—272

Specieller Theil S. 273—699.

Classification und Systematik . . . . . 273—279

Amorphe Mineralien: Opal, kohlige Substanz . . . . . 280—283

Mineralien des regulären Krystallsystems: Pyrit, Magnetit, Chromit, Spinellgruppe, Fluorit, Granatgruppe, Leucit, Sodalithgruppe, Analcim, Perowskit, Pyrrhit . . . . . 284—338

Mineralien des quadratischen Krystallsystems: Rutil, Anatas, Cassiterit, Zirkon, Xenotim, Skapolithgruppe, Gehlenit, Vesuvian, Melilith, Melinophan . . . . . 339—374

Mineralien des hexagonalen Krystallsystems: Graphit, Magnetkies, Hämatit, Ilmenit, Korund, Brucit, Quarz, Chalcedon, Tridymit, Calcit, Dolomit und Braunspath, Magnesit und Breunnerit, Apatit, Alunit, Nephelin und Eläolith, Cancrinit, Turmalin, Eudialyt und Eukolit, Hydronephelit und Ranit . . . . . 375—425

Mineralien des rhombischen Krystallsystems: Brookit, Pseudobrookit, Diaspor, Aragonit, Anhydrit, Andalusit, Sillimanit, Topas, Dumortierit, Staurolith, Prismatin und Kornerupin, Gruppe der rhombischen Pyroxene, Bastit, Gruppe der rhombischen Amphibole, Olivin, Humit, Cordierit, Prehnit, Zoisit, Astrophyllit, Talk, Natrolith, Thomsonit . . . . . 426—494

Mineralien des monoklinen Krystallsystems: Gyps, Monazit, Lazulith, Karpholith, Sapphirin, Chondrodit und Klinohumit, Wollastonit, Pektolith, Rosenbuschit, monokline Pyroxene, Låvenit, Wöhlerit, monokline Amphibole, Glimmergruppe, Chloritgruppe,

Seite

Ottrelithgruppe, Epidotgruppe, Mosandrit und Johnstrupit, Rinkit, Titanit, monokline Zeolithe, monokline Feldspathe . . . . . 495—642

Mineralien des triklinen Krystallsystems: Mikroklin, Gruppe der Plagioklase, Anorthoklase, Disthen, Axinit, Ainigmatit und Cossyrit, Hjortdahlit . . . . . 643—689

Homogene Aggregate: Serpentin, Delessit, Kaolin, Hydrargillit, Glaukonit . . . . . 690—699

Register . . . . . 700—705

Erklärung der Tafel 1—24 . . . . . 706—712

Abkürzungen.

L. J. = Jahrbuch, beziehungsweise Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Stuttgart.

Z. D. G. G. = Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin.

P. A. = Poggendorf's Annalen für Physik und Chemie. Leipzig.

A. M. = Annales des mines. Paris.

S. W. A. = Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien.

B. M. = Monatsbericht der K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

S. B. A. = Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

S. M. A. = Sitzungsberichte d. K. bayrischen Akademie d. Wissenschaften zu München.

T. M. M. = Mineralogische Mittheilungen ges. von G. Tschermak. Wien.

T. M. P. M. = Mineralogische und petrographische Mittheilungen ges. von G. Tschermak. Wien. Seit 1890 herausgegeben von F. Becke.

A. Ch. Ph. = Annales de Chimie et de Physique. Paris.

A. Ch. Pharm. = Annalen der Chemie und Pharmacie. Leipzig.

Z. X. = Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie, her. von P. Groth. Leipzig.

C. R. = Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie française. Paris.

F. K. = Földtani Közlöny. Budapest.

Min. Mag. = Mineralogical Magazine. London.

Geol. Mag. = Geological Magazine etc. London.

Q. J. G. S. = Quarterly Journal of the geological Society. London.

B. S. M. und Bull. Soc. Min. Fr. = Bulletin de la Société minéralogique de France. Paris. Seit 1886 Bulletin de la Société française de minéralogie

Bull. Soc. géol. Fr. = Bulletin de la Société géologique de France. Paris.

G. F. i Stockh. Förhdl. = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. Stockholm.

Druckfehler und Nachträge.

S. 14 Z. 13 ist nachzutragen: „Methylenjodid hat etwa den Brechungsexponent 1.75, eine bei hoher Temperatur mit Schwefel gesättigte Lösung von Methylenjodid hat nach dem Auskrystallisiren des überschüssigen Schwefels $n > 1.80$, eine ebensolche mit Schwefel und Jod gesättigte Lösung hat nach BERTRAND (Bull. Soc. min. Fr. 1888. XI. 31) $n > 1.85$. — Dass man durch Eintauchen von festen Körpern in Flüssigkeiten von bekanntem Brechungsvermögen das Brechungsvermögen derselben angenähert feststellen kann, zeigte u. A. O. MASCHKE (Ann. Phys. u. Chem. N. F. XI. 1880. 722). — C. KLEIN wies ausführlich nach (S. B. A. 1890. XVIII. 17. März und L. J. 1891. I. 70), mit welchem Vortheil man sich der Einhüllung unregelmässig begrenzter doppelbrechender Körper in Flüssigkeiten von gleichem Brechungsvermögen bei dem Studium der Phänomene der Doppelbrechung bedienen könne."

S. 221 Z. 16 v. o. ist einzuschalten: „Dass auch die sauren und basischen Feldspathe durch Aetzung mit wässeriger HFl und darauffolgender Tinction zu unterscheiden sind, lehrten BECKE (T. M. P. M. 1892. XII. 257) und PELIKAN (ibidem XII. 158). BECKE empfiehlt zur Herstellung von Dauerpräparaten, dass die ätzende Säure durch Fliesspapier vom Rande her ohne Berührung des Schliffs möglichst entfernt und der Rest durch Daraufblasen auf dem Wasserbade rasch verdampft werde. Darauf bedecke man das Präparat bis über seine Ränder mit der Farblösung, sauge diese mit einer Pipette nach 5—10 Minuten langer Einwirkung ab und reinige durch vorsichtiges Auftropfen von Wasser. Die Farbhaut wird durch absoluten Alkohol entwässert, dann einige Minuten in Benzol gelegt, darauf mit einem Tropfen Lavendelöl benetzt und schliesslich mit in Aether gelöstem Canadabalsam bedeckt. Diese Methode verhütet das Abblättern der Farbschichte."

S. 291 Z. 6 v. u. lies Automolit statt Automolith.

S. 365 Z. 10 v. o. ist einzuschalten: „An einem Prisma des Tyroler Gehlenit wurde gemessen $\omega = 1.665$, $\varepsilon = 1.559$, also $\frac{2\omega + \varepsilon}{3} = 1.663$, $\omega - \varepsilon = 0.006$."

S. 429 Z. 18 v. o. ist einzuschalten: „BECK beobachtete den Brookit in dem Knotenglimmerschiefer der Jonasmühle im Müglitzthale in Gesellschaft von Cordierit, Turmalin und Rutil (L. J. 1892. I. 159)."

S. 464. Z. 21 v. u. lies „senkrecht" statt „parallel".

S. 464. Z. 20 v. u. lies „parallel" statt „senkrecht".

Gesteinsbildende Mineralien nach abnehmendem Brechungsvermögen geordnet (S. 157):

Rutil	2.805	Arfvedsonit	1.70	Katapleiit	1.612
Brookit	2.637	Grünerit	1.7	Eudialyt	1.609
Anatas	2.538	Hjortdahlit	1.7	Melinophan	1.606
Perowskit	2.39	Diallag	1.688	Calcit	1.601
Chromit	2.096	Diopsid	1.683	Muscovit	1.592
Cassiterit	2.029	Olivin	1.679	Klinochlor	1.590
Zirkon	1.972	Prismatin und Kornerupin	1.677	Leukophan	1.588
Titanit	1.932	Enstatit	1.668	Anhydrit	1.587
Eisenglanz	1.93	Sillimanit	1.668	Phlogopit	1.584
Melanit	1.889	Rinkit	1.668	Mejonit	1.582
Uwarowit	1.838	Gehlenit	1.663	Anorthit	1.580
Almandin	1.811	Clintonit	1.653	Alunit	1.579
Monazit	1.811	Mosandrit	1.651	Wernerit	1.578
Spessartin	1.810	Datolith	1.650	Pennin	1.577
Aegirin	1.791	Dumortierit	1.65	Brucit	1.567
Orthit	1.78	Riebeckit	1.65	Antigorit	1.567
Gahnit	1.765	Rosenbuschit	1.65	Labradorit	1.558
Hessonit	1.763	Magnesit	1.649	Mizzonit	1.553
Korund	1.763	Anthophyllit	1.644	Andesin	1.552
Staurolith	1.752	Glaukophan	1.644	Talk	1.551
Epidot	1.751	Horublende	1.642	Dipyr	1.550
Laavenit	1.750	Karpholith	1.640	Quarz	1.547
Pleonast	1.749	Andalusit	1.638	Nephelin	1.543
Pyrop	1.746	Apatit	1.636	Cordierit	1.543
Grossular	1.744	Turmalin	1.635	Kaolin	1.54
Hedenbergit	1.743	Gedrit	1.634	Oligoklas	1.538
Sismondin	1.741	Aragonit	1.633	Albit	1.535
Diaspor	1.725	Melilith	1.632	Hydrargillit	1.535
Idokras	1.723	Prehnit	1.630	Anorthoklas	1.527
Disthen	1.723	Wollastonit	1.630	Gyps	1.525
Bas. Hornblende	1.719	Strahlstein	1.625	Orthoklas	1.524
Augit	1.719	Lazulith	1.625	Cancrinit	1.515
Spinell	1.715	Humit	1.622	Leucit	1.508
Wöhlerit	1.714	Pargasit	1.622	Thomsonit	1.508
Hypersthen	1.712	Tremolit	1.621	Hauyn	1.496
Sapphirin	1.708	Dolomit	1.621	Zeolithe	1.49
Zoisit	1.706	Eukolit	1.616	Sodalith	1.484
Astrophyllit	1.704	Topas	1.616	Tridymit	1.477
Barkevikit	1.701			Fluorit	1.433

Mikroskopische Physiographie der gesteinsbildenden Mineralien.

Die mikroskopische Physiographie der gesteinsbildenden Mineralien stellt sich die Aufgabe, die Kennzeichen anzugeben, vermittelst welcher wir die genannten Mineralien im Dünnschliffe oder in Körnerform bei durchfallendem Lichte unter dem Mikroskope bestimmen können.

Sie zerfällt in zwei Theile: einen allgemeinen, worin die Methoden untersucht werden, nach welchen wir die drei grossen Classen der morphologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der Mineralien auch der mikroskopischen Diagnose dienstbar machen können; — und einen speciellen, angewandten, welcher die eigentliche Beschreibung der Mineralspecies, wie sie sich unter dem Mikroskop darstellen, enthält.

Historische Einleitung.

Literatur.

Fr. von Kobell, Geschichte der Mineralien. München. 1864.

C. M. Marx, Geschichte der Krystallkunde. Carlsruhe und Baden. 1825.

H. Fischer, Chronologischer Ueberblick über die allmälige Einführung der Mikroskopie in das Studium der Mineralogie, Petrographie und Palaeontologie. Freiburg i. Br. 1868.

A. Boué, Ueber die mikroskopische Untersuchung der Gebirgsarten mit Hülfe ihrer mechanischen Zerreibung, partiellen Schleifung und Aetzung. Sitzber. der K. K. Akadem. Wien. Bd. 47, Abthlg. 2, p. 457. 1863.

F. Zirkel, Die Einführung des Mikroskops in das mineralogisch-geologische Studium. Leipzig. 1881.

Schon im 17. Jahrhundert, bald nach der Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops, begannen einzelne Forscher, dasselbe zu dem Studium der Eigenschaften anorganischer Körper zu verwenden. Bei der niedrigen Stufe der Entwicklung, auf welcher sich die Mineralogie jener Zeit befand, kann es nicht verwundern, wenn es nur wenige Mineralien, und unter ihnen besonders die

Edelsteine waren, welche zu Beobachtungen Veranlassung gaben. Auffallende Einschlüsse, welche sich in den genannten, mehr oder weniger durchsichtigen Mineralkörpern leicht verrathen; — mangelnde Homogeneität, die sich in Trübungen kundgiebt, veranlassten Robert Boyle zu mikroskopischen Untersuchungen. Daneben sind es die wunderbaren Vorgänge bei der Bildung der Krystalle, welche ja auch noch in unserer Zeit in so hohem Grade das Interesse der Mineralogen in Anspruch nehmen, sowie die feineren Structurverhältnisse derselben, die Anton van Leeuwenhoek durch das Mikroskop zu ergründen suchte.

Wenn trotz dieser Anfänge das Mikroskop sich nicht sofort in der Mineralogie einbürgerte und fortan neben Löthrohr und Goniometer seinen Platz behauptete, so liegt der Grund für eine solche Ausserachtlassung desselben wohl zum grossen Theil in der Schwierigkeit, sich geeignete Präparate von Mineralkörpern herzustellen. Der geringe Grad von Durchsichtigkeit der meisten Mineralien, ihre nicht unbedeutende Härte, welche einen leichten Schnitt nicht erlaubte, mussten von dieser Art der Untersuchung abschrecken. Dennoch schliefen die mikroskopisch-mineralogischen Studien keineswegs ganz im 18. Jahrhundert ein. So haben wir z. B. aus den 60er und 70er Jahren desselben bezügliche Studien über die Krystallstructur und Krystallgenese von M. F. Ledermüller in Deutschland und von H. Baker in England. Ja am Schlusse des Jahrhunderts übertrugen Dolomieu und Fleuriau de Bellevue die mikroskopische Methode auf die Untersuchung der kryptomeren Gesteine, welche sie zu diesem Behufe einer mechanischen Zerreibung unterwarfen. d'Aubenton, welcher die dendritischen Bildungen in Mineralien mikroskopisch untersuchte, bediente sich zur Messung derselben (1782) bereits eines Mikrometers.

In Frankreich wurde die Untersuchung eines gröblich zerkleinerten Mineral- oder Gesteinspulvers mit dem Mikroskope nach vorausgegangener Scheidung der Mineralgemengtheile durch einen Schlämmprocess und mit nachfolgender chemischer Behandlung durch Cordier (1815) bedeutend vervollkommnet und mit grossem Erfolge angewandt.

Dagegen stellte C. A. Gerhard, in welchem Fischer* den anonymen Verfasser einer Abhandlung „Entdeckung einer dem Kreuzstein wesentlichen Entstehungsart der Kreuzfigur“ vom Jahre 1780

* H. Fischer, Kritische, mikroskopisch-mineralogische Studien. Freiburg i. Br. 1871. I. Fortsetzung p. 62.

erkannte, zuerst dünne Durchschnitte her, um die Structurverhältnisse des Chiastolith zu erforschen. Da aber die Durchschnitte Gerhard's nicht zur Untersuchung im durchfallenden Lichte bestimmt waren, so bleibt dem Engländer William Nicol, dem Erfinder des nach ihm benannten Calcitprismas, der Ruhm, zuerst eine Methode zur Herstellung von eigentlichen Dünnschliffen behufs Untersuchung im durchfallenden Lichte angegeben zu haben. Dieselbe wurde von Witham in seinen „Observations on fossil vegetables", Edinburgh and London 1831, mitgetheilt.

Eine mächtige Förderung fanden die mikroskopischen Mineralstudien besonders auf dem Gebiete der Krystallstructur durch eine Reihe wichtiger Arbeiten von Sir David Brewster, welche in dem Zeitraum von 1813 bis 1845 erschienen. Neben den Structurverhältnissen der Mineralien in ihren Beziehungen zu den optischen Erscheinungen zogen ganz besonders die Flüssigkeitseinschlüsse derselben seine Aufmerksamkeit an. Die grosse Bedeutung derselben für die Anschauungen über Mineralbildung entging Brewster keineswegs und er zog aus seinen Beobachtungen am Topas, Beryll, Smaragd etc. die weitgehendsten Schlüsse. Ebenso betheiligten sich in England William Nicol und Humphrey Davy lebhaftest an solchen Studien. Brewster bereicherte aber nicht nur die Wissenschaft durch specielle Untersuchungen, sondern förderte sie auch ganz besonders durch die Angabe neuer Methoden und neuer Instrumente; so zeigte er die Vortheile der Beobachtung im polarisirten Lichte für gewisse Fälle und gab ein Mittel zur Messung von Krystallwinkeln unter dem Mikroskope an.

Auch in Deutschland fand gleichzeitig das Mikroskop immer weitere Verwendung bei mineralogischen Untersuchungen. Zincken wandte dasselbe bereits 1820 zu Gesteinsuntersuchungen an und bedauerte seine zu spärliche Benutzung. Es beschäftigte sich C. G. Ehrenberg neben seinen epochemachenden Arbeiten über den organischen Ursprung mancher Mineralkörper auch mit mikroskopischen Untersuchungen über Krystallgenese und Krystallstructur: ein Gebiet, auf welchem noch besonders die Arbeiten von H. F. Link und Frankenheim hervorzuheben sind. Ueber die Krystallisationsanfänge in glasig erstarrten Schmelzflüssen machte Splitgerber mikroskopische Forschungen, während wir G. Rose, Th. Scheerer, G. Jenzsch, A. Knop und G. vom Rath, Deiters u. A. eine Reihe höchst wichtiger mikroskopischer Untersuchungen an natürlich vorkommenden Mineralien und Gesteinen verdanken.

Immerhin aber wurde bis zu diesem Zeitpunkte das Mikroskop nur gelegentlich zu mineralogischen Forschungen verwendet; meistens waren es abnorme Erscheinungen an den Mineralien, welche man so studirte, wenngleich ein grosser Theil dieser scheinbaren Abnormitäten wegen stehender Wiederholung unter gleichen Verhältnissen uns heute durchaus normal erscheinen muss. Eine systematische Verwendung des Mikroskopes wurde erst ermöglicht durch die Arbeiten von Henry Clifton Sorby, zumal durch dessen Abhandlung „On the microscopical structure of crystals, indicating the origin of minerals and rocks". Quart. Journ. of the geol. soc. London. Nov. 1858, Bd. XIV, 453—500. — In Deutschland war es besonders Ferdinand Zirkel, dessen „Mikroskopische Gesteinsstudien", Sitzber. d. K. K. Akad. Wien, Bd. 47, Abth. 1, 226—270, 1863, für die bleibende Einführung des Mikroskopes in die mineralogischen Disciplinen von höchster Bedeutung wurden. In rascher Folge veröffentlichte dieser hochverdiente Forscher eine Reihe von bahnbrechender Arbeiten über mannichfache Gesteinsfamilien und Mineralspecies. Mit gleichem Erfolge wandte sich Hermann Vogelsang, den ein allzufrüher Tod schon 1874 der Wissenschaft entriss, dem mikroskopischen Studium zu. In einer Abhandlung „Ueber die mikroskopische Structur der Schlacken und über die Beziehung der Mikrostructur zur Genesis der krystallinischen Gesteine". Pogg. Ann. XXI, 1864, 101—124, studirte er die Vorgänge bei der Erstarrung eines schmelzflüssigen Gesteinsmagmas; auch theilte er in seiner „Philosophie der Geologie", Bonn 1867, einen reichen Schatz mikroskopischer Beobachtungen mit. Später veröffentlichte er eine Reihe Untersuchungen über die ersten Anfänge der krystallinischen Molekulargruppirungen, über die Ursachen des Farbenschillers beim Labrador und über die chemische Natur der in Mineralien eingeschlossenen Flüssigkeiten, welche die bedeutendsten Resultate ergeben haben.

Im Jahre 1869 zeigte Gustav Tschermak an einem Beispiele (Mikroskopische Unterscheidung der Mineralien aus der Augit-, Amphibol- und Biotit-Gruppe. Sitz.-Ber. d. K. K. Akad. Wiss. Wien, Mai 1869, LIX) mit welchem Vortheile man sich der optischen Eigenschaften der Mineralkörper zu ihrer Unterscheidung bedienen könne und in der ersten Auflage dieses Buches (1873) versuchte ich in consequenter Durchführung, unter gleichzeitiger Adaptirung des Mikroskopes zu solchen Zwecken, die Erscheinungen, welche die Mineralien im parallelen polarisirten Lichte geben, zu ihrer

Bestimmung zu verwerthen. Eine, auch grösseren Anforderungen an Genauigkeit entsprechende Form des zu mineralogisch-petrographischen Untersuchungen bestimmten Mikroskopes theilte ich 1876 (Ein neues Mikroskop für mineralogische und petrographische Untersuchungen. N. Jahrb. f. Min. etc. 1876, pag. 504) mit. Bald darauf zeigten E. Bertrand (De l'application du microscope à l'étude de la minéralogie. Bull. de la soc. minér. de France 1878. I. 22), G. W. Hawes (Briefliche Mittheilung an mich vom 20. Nov. 1877), C. Klein (Ueber den Feldspath im Basalt vom Hohen Hagen bei Göttingen etc. Nachrichten von d. K. Ges. der Wiss. Göttingen 1878, 449—466) und A. von Lasaulx (Ueber die Verwendung des Mikroskopes als Polarisations-Instrument im convergenten Lichte und ein neues Mikroskop zu mineralogischen Zwecken. N. Jahrb. f. Min. etc. 1878, 377) ziemlich gleichzeitig und nahezu unabhängig von einander, wie man sich des Mikroskopes auch bei der Methode der Beobachtung im convergent polarisirten Lichte bedienen könne.

Wie sich die chemische Untersuchung auf zweckmässige Weise mit der mikroskopischen in gewissen Fällen verbinden lasse, darüber gab ich im Jahre 1871 einige Andeutungen. In sehr allgemein anwendbarer Form und mit überraschend schönem Erfolge führte Em. Bořicky (Elemente einer neuen chemisch-mikroskopischen Mineral- und Gesteinsanalyse. Prag. 1877) chemische Methoden in die mikroskopische Mineralbestimmung ein und H. Behrens (Mikrochemische Methoden zur Mineralanalyse. Amsterdam. 1881), A. Streng, K. Haushofer u. A. erweiterten und vervollständigten dieselben zu einer eigenen Methode der Krystallanalyse.

Die Schwierigkeiten, welche einer consequenten Anwendung der chemischen Methode zur Bestimmung der Gesteinsgemengtheile durch das feine Korn der Felsarten bereitet werden, konnten nur durch Auffindung neuer mechanischer Trennungsmethoden überwunden werden. F. Fouqué fügte den alten Schlämmmethoden die Sonderung der Gesteinsgemengtheile vermittelst eines starken Elektromagneten und zweckentsprechender Verwendung der Flusssäure (1873) hinzu. J. Thoulet (1879) zeigte, wie man auch bei geringen Unterschieden im specifischen Gewicht die Mineralkörner in einer Kaliumquecksilberjodidlösung trennen könne, deren Dichte durch Wasserzusatz jeden Werth zwischen 1 und 2.77 erhalten konnte. V. Goldschmidt (1880) vermochte die Eigenschwere der genannten Lösung bis über 3.1 zu erhöhen. R. Bréon (1880), Daniel Klein (1881), C. Rohrbach (1883), R. Brauns (1888) und J. W. Ret-

GERS (1889) lehrten weitere schmelzflüssige und wässrige Lösungen von noch höherem specifischem Gewicht kennen, welche das Kaliumquecksilberjodid theils zu ergänzen, theils ganz zu ersetzen geeignet scheinen.

Die überraschend reichhaltigen Resultate, welche man durch die Anwendung der mikroskopischen Methoden gewann, haben denselben rasch in allen Ländern, wo mineralogische Wissenschaft getrieben wird, eine grosse Anzahl von Anhängern verschafft, deren Namen aufzuführen ausserhalb der Zwecke dieser skizzenhaften Geschichte der Einführung des Mikroskopes in die mineralogisch-petrographischen Studien liegt. Hier sollte nur gezeigt werden, wie sich allmählig die mikroskopische Methodik entwickelt hat: gewiss ist es ein gutes Zeichen der Zeit, dass sich in den letzten Jahren die mikroskopisch-mineralogischen Untersuchungen nicht nur durch Inangriffnahme immer neuer Felder in die Breite, sondern auch durch stete Vervollkommnung der Untersuchungsmittel und Forschungsmethoden in die Tiefe entwickelt haben. Die rein extensive Entwicklung hätte bald zur Verflachung und zum Handwerk führen müssen; die steten Bemühungen um Vervollkommnung der Methodik verbürgen eine wahrhaft wissenschaftliche Entfaltung der mikroskopisch-mineralogischen Forschungen.

Herstellung des Beobachtungsmaterials.

Literatur.

J. ERN. ADY, Observations on the preparation of mineral and rock sections for the Microscope. Min. Mag. 1885. VI. No. 29. 127—133.

J. G. und L. G. BORNEMANN, Ueber eine Schleifmaschine zur Herstellung mikroskopischer Gesteinsdünnschliffe. Z. D. G. G. 1873. XXV. 367—374.

H. RAUFF, Eine neue Steinschneidemaschine. Verhdl. d. naturhist. Vereins d. Rheinl. u. Westf. 1886. XLIII. 130—139.

H. CLIFTON SORBY, On the microscopical character of sands and clays. Monthly Microscop. Journ. 1877. February. 7.

K. J. V. STEENSTRUP, Tyndpröver af lér. G. F. i Stockholm Förhdl. 1890. XII. 647—648.

G. STEINMANN, Eine verbesserte Steinschneidemaschine. L. J. 1882. II. 46—54.

J. THOULET, Note sur un nouveau procédé d'étude au microscope de minéraux en grains très-fins. Bull. Soc. Minér. Fr. 1879. II. 188.

H. VOGELSANG, Philosophie der Geologie und mikroskopische Gesteinsstudien. Bonn 1867. 225—228.

F. ZIRKEL, Mikroskopische Gesteinsstudien. S. W. A. 1863. XLVII. 227—229.

Die mikroskopische Untersuchung von Mineralien oder Mineralgemengen kann entweder so ausgeführt werden, dass man dieselben

in sehr dünnen planparallelen Platten, sogenannten Dünnschliffen, oder in der Form eines gröberen, resp. feineren Pulvers in durchfallendem Lichte betrachtet. Man wird im Allgemeinen für die optische Diagnose in dem Dünnschliff das geeignetere Material finden, während für die mikrochemische Bestimmung in manchen Fällen das planparallele Blättchen, in andern das Mineralpulver vorzuziehen sein dürfte.

Das Verfahren bei Herstellung eines Dünnschliffs kann natürlich in sehr mannichfacher Art modificirt werden. Es mögen daher hier nur die Mängel und Vorzüge derjenigen Methoden angegeben werden, die eine langjährige eigene Erfahrung hat kennen lehren. In allen denjenigen Fällen, wo es darauf ankommt, aus einem Mineral oder Gestein Dünnschliffe nach bestimmten Richtungen herzustellen, wird man vermittelst einer Steinschneidemaschine unter Anwendung mit Diamantbort besetzter oder mit Smirgelbrei stark belegter Metallscheiben, bei weicheren Substanzen auch wohl durch den Schnitt mit einer Laubsäge dünne Platten herausschneiden. Die Manipulationen bei diesem Process sind natürlich je nach dem Bau der zur Verfügung stehenden Maschine andere; sehr allgemein verwendbar ist eine von dem Maschinenfabrikanten Carl Benz in Mannheim zu erhaltende Maschine, deren Behandlung in dem oben citirten, leicht zugänglichen Aufsatze von G. Steinmann eingehend beschrieben wird*. — Kommt es auf die Richtung nicht an, so wird man es vorziehen, von dem zu untersuchenden Material mit dem Hammer möglichst dünne Splitter abzusprengen.

Dieselben seien frisch, ohne Spuren von Verwitterung, womöglich mitten aus einem Handstück, nicht zu klein, so dass eine grösste hindurch gelegte Ebene doch wenigstens einen halben Quadratzoll Fläche habe; ferner seien sie ohne Risse und Sprünge, denn sonst zerreissen sie bei den weiteren Manipulationen und man hat vergebliche Arbeit gehabt. Eine der breiten Flächen eines solchen Splitters wird nun aus freier Hand eben und glatt geschliffen. Man kann sich hierbei eines festliegenden Schleifsteins irgend welcher Art (Gusseisenplatte, Smirgelstein, Sandstein, Wetzstein etc.) mit oder ohne Smirgel bedienen, doch ist es bequemer, sich einen kleinen Schleifapparat von einem Mechaniker construiren zu lassen, bei welchem an vertikaler Axe verschiedene härtere und weichere Schleifsteine horizontal angeschraubt werden können, die

* Man vergleiche auch die Angaben von J. Rumpf: Eine Cabinets-Steinschneide-Maschine. T. M. P. M. 1881. IV. 409—414.

dann vermittelst eines Tretbrettes und Schwungrades nach Art der Nähmaschine mit den Füssen in Rotation versetzt werden, so dass man beide Hände frei behält. Etwas weniger bequem, aber doch sehr praktisch habe ich es gefunden, sich eines, vertikal um eine horizontale mit der rechten Hand vermittelst einer Kurbel zu drehenden Axe, rotirenden Schleifsteins von Smirgel oder hartem Quarzsandstein zu bedienen, der in einem mit Wasser gefüllten eisernen Kasten läuft. Man drückt mit der linken Hand den zu schleifenden Splitter fest gegen die schmale Fläche, später zur Planirung der angeschliffenen Ebene gegen die breite Seitenfläche des Schleifsteins. Hat man auf diese Weise eine durch den ganzen Splitter sich erstreckende, ebene Schlifffläche hervorgebracht, — und es empfiehlt sich, diesen ganzen Theil der Operation so vollständig und so vollkommen als irgend möglich durchzuführen — so glättet man dieselbe am besten auf einem guten Wetzschiefer (Luxemburger Steine der Händler), den man mit Terpentinöl oder Glycerin befeuchtet. Darauf wasche man den Splitter und zumal die angeschliffene Fläche mit einem harten Pinsel in Spiritus säuberlichst ab, spüle ihn in reichlichem Wasser, trockne ihn mit einem leinenen Tuche und bürste ihn wieder mit einem harten Pinsel, um anhängende Tuchfäserchen zu entfernen. Man befestigt alsdann den Splitter mit der angeschliffenen Fläche auf einem thunlichst dicken Objectglas vermittelst Canadabalsams oder eines andern geeigneten Kittes. Das Objectglas darf nicht zu dünn sein, weil dasselbe sich sonst unter dem Druck der Finger etwas biegt und man in den späteren Stadien des Schleifprocesses die Ränder des Schliffes wegschleift, während die Mitte desselben dick bleibt. Den Canadabalsam wendet man entweder in zähflüssiger Form an und hebt die nothwendige Quantität vermittelst eines in den Kork des Aufbewahrungsgefässes eingesteckten Glasstabes heraus oder man benutzt erhärteten Balsam und vermeidet dadurch die sehr widerwärtige Beschmutzung des Arbeitstisches mit der klebrigen Substanz. Man erhärtet den Canadabalsam einfach in einem Porzellantiegel durch Erwärmung über sehr kleiner Flamme und steckt gegen Ende des Processes einen Glasstab in die zähflüssige Masse. Nach Erkaltung hebt man den harten Balsamkegel mit diesem Glasstabe aus dem Tiegel. — Einen vorzüglichen, dem Canadabalsam entschieden vorzuziehenden Kitt erhält man durch langsames Zusammenschmelzen und lang anhaltendes Kochen eines Gemenges von 16 Gewichtstheilen zähflüssigen Canadabalsams und 50 Ge-

wichtstheilen Schellack. Die vor dem vollständigen Erkalten fadenziehende Masse formt man durch Rollen zwischen den Händen zu handlichen Stäben von etwa 1 cm Querschnitt und 20—30 cm Länge.

Das Aufkitten des Splitters geschieht in folgender Weise. Man bestreiche den wohl gereinigten und gelinde über einer Flamme erwärmten Objectträger mit einer continuirlichen nicht allzu dünnen Haut des zur Verwendung bestimmten Kittes. Gleichzeitig erwärme man an der Lampe in einer Pincette den Splitter mit der angeschliffenen Fläche nach oben, um die dünne daran condensirte Feuchtigkeits- und Gasschicht zu entfernen, und lege dann den unter der Loupe untersuchten und rein befundenen Splitter mit der angeschliffenen Fläche auf den Balsam. Das Objectglas wird nun wieder hoch über die Flamme gebracht und bis zum Kochen des Canadabalsams erwärmt, wobei sich dicke, schwarzgraue Dämpfe entwickeln; — ein Anbrennen des Balsams muss dabei sorgfältigst vermieden, im eintretenden Falle sofort durch Daraufblasen gelöscht werden. Bei manchen wasserhaltigen Mineralien, zumal bei manchen Zeolithen muss man den Canadabalsam allein kochen und erst nach eintretender Temperaturerniedrigung den Splitter auflegen, weil das Mineral sonst leicht Wasser verlieren und undurchsichtig werden würde; oder aber man bedient sich zum Festkleben des Präparats einer Auflösung von Canadabalsam in Aether und lässt diese durch, sich allerdings nur langsam vollziehende, vollständige Verdunstung des Aethers erstarren. Dann lasse man erkalten, indem man den Schliff mit einer Messer- oder Ahlenspitze am Herabschwimmen vom Canadabalsam hindert. Stets habe ich es bewährt erfunden, erst dann den Schliff fest auf die Glasplatte zu drücken, wenn im Balsam keine Blasenentwicklung mehr stattfand; drückt man noch während derselben den Schliff fest auf, so haften gar oft beim Erkalten Luftbläschen unter demselben, die fast mit Gewissheit bei fortgesetzter Operation ein Abreissen des Schliffes vom Objectträger bewirken. Sind trotz aller Vorsichtsmassregeln nach dem Erkalten noch Luftbläschen unter der Schlifffläche, so muss man eben geduldig wieder erwärmen und die Operation wiederholen, bis keine Bläschen mehr da sind. Ungeduld in diesem Falle wird sich fast ausnahmslos durch noch grösseren Verlust an Zeit und Arbeit rächen. — Ist das Objectglas mit dem Schliff nun vollständig erkaltet, so beginnt man mit der Herstellung der zweiten Schlifffläche, indem man wieder anfangs auf der schmalen Mantel-, dann auf der breiten Seitenfläche des vertikal rotirenden Smirgel-

steins andrückt, wenn man keine Schleifmaschine hat. Man setze diese Operation so lange fort, wie es unbeschadet der Sicherheit des Präparates geschehen kann; es gelingt meistens schon hier, das Präparat annähernd bis ganz durchsichtig zu machen. Dann behandle man zuletzt den Schliff wieder auf dem Wetzstein mit Terpentinöl bis zur vollkommenen Durchsichtigkeit. Die Ersetzung des Wetzsteins durch eine mattgeschliffene Glasplatte mit Wasser mit oder ohne Zusatz von feinem Smirgelpulver kann ich nach meinen Erfahrungen nur dann empfehlen, wenn man dazu den allerfeinsten durch Schlämmen aus dem früher verbrauchten Smirgelpulver gewonnenen Smirgelstaub verwendet. Die Schleiffläche des Wetzsteins oder der Glasplatte soll womöglich nicht ganz eben, sondern sehr schwach convex sein, damit die Mitte des Präparates nicht dicker bleibe, als die Ränder desselben. Gelegentlich sei bemerkt, dass man Terpentinöl oder Glycerin am besten in einer Glasflasche aufbewahrt, die mit einem Kork verschlossen ist; der Kork sei durchbohrt von einer Glasröhre, mit der man heberartig durch Verschluss derselben mit dem Daumen die nöthige Flüssigkeit heraushebt. In einem offenen Gefässe, wie man es nöthig hätte, wenn man etwa mit einer Feder schöpfen wollte, würde das Terpentinöl bald harzig werden, ganz abgesehen davon, dass dieses Verfahren viel schmutziger ist.

Man kann den Schliff als vollendet ansehen, wenn man durch denselben nach Befeuchtung mit Wasser feine Schrift deutlich lesen kann; — ein Stadium, das selbstverständlich je nach dem Grade der Durchsichtigkeit der Substanz früher oder später eintritt. Ein eigentliches Poliren des Schliffes etwa auf Leder mit Caput mortuum ist nicht nur nicht nöthig, sondern hie und da geradezu misslich. — Wenngleich ein solches Präparat nach gehöriger Reinigung bereits ein leidliches Beobachtungsobject ist, so ist es doch in allen Fällen schon der Aufbewahrung wegen rathsam, es auf ein neues, durch Schleifen nicht verletztes Objectglas zu übertragen. Zu diesem Zwecke reinige man den fertigen Schliff durch Waschung mit einem harten Pinsel wieder im Spiritus, nachdem man zuvor den überflüssigen Canadabalsam mit einer heissen Messerspitze entfernt hat; spüle dann rasch in reichlichem Wasser ab, trockne mit einem leinenen Tuche und fahre wieder mit einem harten Pinsel darüber her. Ränder des Schliffes, welche etwa nicht dicht und fest auf dem Objectglas auflagen und unter welche also beim Schleifen Schmutz kommen konnte, opfert man besser auf, indem man sie mit einem

Messer absprengt. Sonst kann man auch die untere Fläche noch ein Mal reinigen, wenn man das Präparat erwärmt, so dass die Balsamschicht schmilzt, dann den Schliff nach dem Rande des Objectglases hinschiebt und ihn über die Kante weg auf die andere Seite des Trägers gleiten lässt, so dass nun die vorher untere Seite des Schliffes nach oben liegt. — Hat man so den Schliff vollständig gereinigt, so bringt man auf ein neues, am besten quadratisches Objectglas, das frei von allen Schlieren, Punkten und Rissen sein muss, ein Tröpfchen Canadabalsam, den man gelinde erwärmt, so dass er ein wenig zerfliesse. Quadratische Objectgläser sind besonders darum zu empfehlen, damit man ohne Hinderniss auf dem Objecttische des Mikroskops eine volle Drehung in seiner eigenen Ebene mit ihm vornehmen könne. Nun erwärmt man in einer Pincette gelinde das alte Objectglas mit dem Schliffe bis zum Flüssigwerden der Canadabalsamschicht, durch welche derselbe anhaftet, indem man sich dabei der linken Hand bedient, hält es über das neue Objectglas und schiebt vermittelst einer Messerspitze mit der rechten Hand das Präparat vom alten auf den neuen Objectträger*. Zerreisst dasselbe unglücklicherweise beim Uebertragen, so berücksichtige man vorläufig nur das grösste oder beste Stück desselben. Liegt dieses auf dem Canadabalsam des neuen Trägers, so erwärme man ein wenig, so dass es hafte und lasse dann etwas erkalten, thue darauf ein neues Tröpfchen Canadabalsam auf dasselbe, wobei jeder Ueberschuss zu vermeiden ist, und bedecke es mit einem möglichst dünnen Deckgläschen, dessen Grösse der des Schliffes entspreche. Nun erwärme man wieder das Ganze hoch über der Flamme, indem man es mit der linken Hand in einer Pincette hält, bis zur Entwicklung dunkler Dämpfe unter noch vorsichtigerer Vermeidung des Anbrennens des Canadabalsams, da der dabei sich abscheidende Kohlenstoff das Präparat schwärzen und unbrauchbar machen könnte. Hierauf kühle man durch Anblasen ein wenig ab und drücke nun das Deckgläschen vermittelst einer federnden Pincette fest an. Man setze dabei die zusammengedrückten Spitzen derselben auf die Mitte des Präparates und lasse sie dann durch Nachgeben der Finger nach den Seiten sich wiederholt in verschiedener Richtung über das Deckgläschen hin öffnen. So wird man es leicht er-

* Andere empfehlen das fertige Präparat von dem Glase dadurch zu lösen, dass man das Glas mit Schliff in Alkohol legt, bis letzterer sich von selbst abgelöst hat. Man hebt ihn mit einem Pinselchen aus der Flüssigkeit, trocknet ihn zwischen Filtrirpapier und überträgt ihn auf den definitiven Objectträger.

reichen, dass kein Luftbläschen unter dem Präparate bleibe; widrigenfalls muss man die Operation wiederholen. — Zwei Stückchen eines zerrissenen Präparates unter ein Deckgläschen zu bringen, ist stets eine missliche, selten gelingende Arbeit. — Wünscht man eine möglichste Eleganz der Präparate, so entfernt man den an den Rändern des Deckgläschens überflüssigen Canadabalsam mit einer heissen Messerspitze, wäscht rasch in Spiritus und spült in reichlichem Wasser ab.

Endlich etiquettirt man das fertige Präparat, indem man den Namen der Species, Fundort und Nummer des Handstücks, von welchem es herstammt, am besten mit einem Diamant in das Objectglas einschneidet. Die Aufbewahrung der Präparate geschieht am bequemsten in Holzkistchen mit gekerbten Einsätzen von einer Breite und Weite, die den gebrauchten Objectgläsern entspricht.

Uebrigens ist seit mehreren Jahren die Herstellung von Gesteins- und Mineraldünnschliffen auch Gegenstand industrieller Thätigkeit geworden und es verdient die hohe Eleganz und Vollkommenheit der Präparate, wie sie z. B. in Deutschland Herr Mechaniker Fuess in Berlin und die Firma Voigt und Hochgesang in Göttingen liefern, alle Anerkennung. Immerhin muss man nicht vergessen, dass, ganz abgesehen von den möglichen Verwechslungen in den Werkstätten, dem Forscher eine nicht unbedeutende Anzahl von oft sehr willkommenen Beobachtungen über Härte, Strichpulver etc. entgeht, wenn er die Herstellung seines Beobachtungsmaterials nicht selbst übernimmt.

In manchen Fällen, wo die Natur die zu untersuchenden Stoffe im Zustande loser Massen liefert (Sande, vulkanische Aschen etc.), oder wo die lockere Zusammensetzung derselben die Herstellung eines Dünnschliffs nicht erlaubt* (Thon, Lehm etc.), oder endlich

---

* Für sehr weiche und lockere Gesteine empfiehlt A. Wichmann (T. M. P. M. 1883. V. 33, Anmerkung) folgendes Verfahren. Man schabt ein Stück mit einem Messer eben und reibt die so hergestellte Fläche auf einer trockenen Glasplatte glatt; darauf klebt man dieselbe vermittelst gekochten Canadabalsams, den man auf dem Objectträger bis zur Zähflüssigkeit hat abkühlen lassen, auf demselben fest und schabt nun wieder mit dem Messer so viel von dem Stück ab, dass nur noch ein dünnes Blättchen übrig bleibt. Das gut gereinigte Präparat wird mit einigen Tropfen einer Lösung von Canadabalsam in Chloroform bedeckt und das Deckgläschen darauf gedrückt. Das Präparat erscheint alsdann hinreichend durchsichtig.

F. Pfaff (Einiges über Kalksteine und Dolomite. S. M. A. 1882, 562) fand es praktisch, die leicht bröckelnden Substanzen, wenn sie nahezu fertig sind und

wo man behufs Einzeluntersuchung der Mineralelemente eines Gesteins diese künstlich auf chemischem oder mechanischem Wege getrennt hat, kommt es bei der Wahl des einen oder des andern Verfahrens zur Herstellung des Beobachtungsmaterials vorzüglich darauf an, ob man mehr die äussere Form oder mehr die innere Structur erforschen will. In jedem Falle empfiehlt es sich, nur Pulver von sehr annähernd gleichem Korn zur Untersuchung zu verwenden; man erhält solches leicht dadurch, dass man das gesammte Pulver, nach Abscheidung des feinsten Staubes durch wiederholtes Aufrühren in Wasser und Abgiessen, durch eine Reihe von Sieben mit abnehmender Maschenweite laufen lässt.

Will man in erster Linie die äussere Form des Pulvers studiren, so empfiehlt es sich, die losen Massen in einem Fluidum aufzubereiten, dessen Brechungsexponent bedeutend unter demjenigen der festen Körper liegt*; man wird sich also zunächst des Wassers bedienen. Stets trage man Sorge, dass in den wenigen Wassertropfen auf dem Objectglase nicht zu viel Pulver suspendirt werde und gebe dem Wasser durch ein lose aufgelegtes Deck-

zu bröckeln beginnen, nicht weiter auf der Schleifplatte zu bearbeiten, sondern dadurch fertig zu stellen, dass er sie mit dem feinsten Smirgel und einem weichen guten Korke auf dem Objectgläschen bis zur vollkommenen Durchsichtigkeit dünn schliff. Bedingung zum Gelingen ist es, dass das Schliffstück an seinen Rändern rundum mit Canadabalsam umgeben sei.

Sehr einleuchtend ist das von Steenstrup angegebene Verfahren für Herstellung von Dünnschliffen aus Thonen. Er klebt eine an dem Thon hergestellte ebene Fläche vermittelst einer Lösung des oben angegebenen Kittes in einem Gemisch von Aether und Alkohol auf Glas und bricht nach dem Erhärten des Kitts den Thon einfach ab. Dabei bleibt eine äusserst dünne Thonhaut am Kitt haften, die man unter einem Wasserstrahl noch dünner machen kann. Da durch das Schleifen der zuerst aufgekitteten Thonfläche die Structur des Thongesteins natürlich unkenntlich geworden ist, so kittet man, wo dieses vermieden werden soll, die durch das Abbrechen des Thonstücks erhaltene Bruchfläche auf ein neues Objectglas, bricht wieder ab, macht die hängend bleibende Thonschicht dünner unter einem Wasserstrahl und legt das Deckglas auf. So hat man ein zweites Präparat ohne jede wirkliche Schlifffläche. Die Mineralpartikel im Thon liegen genau so, wie sie von der Natur gelegt wurden. Geschliffene Thonflächen darf man nicht mit einem Pinsel, sondern nur durch einen Luftstrom von den lose aufliegenden Theilchen reinigen.

* Auch im Dünnschliff wird man gelegentlich die Bedeckung mit Canadabalsam besser vermeiden, wenn es z. B. gilt, die Begrenzung von Hohlräumen gut zu sehen, welche durch Auswittern von Radiolarien, Spongiennadeln u. s. w. in Hornsteinen zurückbleiben. Man bedeckt dann den Schliff mit Wasser und legt das Deckglas auf. Vergl. Th. Wisniowski, Verhdl. k. k. geol. Reichsanstalt. 1889 195.

gläschen eine ebene Oberfläche. Eine zu starke Anhäufung des zu untersuchenden Pulvers in dem Wasser führt stets zu einer lästigen, die Beobachtung sehr erschwerenden Zusammenballung desselben.

Wenn dagegen vorwiegend die innere Structur Gegenstand des Studiums ist, so wird man die bei Anwendung des Wassers vielfach auftretende Totalreflexion zu vermeiden haben und daher ein Medium anwenden, dessen Brechungsexponent demjenigen der betreffenden festen Körper möglichst nahe gleich sei. Man wird also alsdann Glycerin ($n = 1.46$), Mandelöl ($n = 1.47$), Cassiaöl ($n = 1.606$), oder etwa eine concentrirte Lösung von Kaliumquecksilberjodid ($n = 1.733$) oder Baryumquecksilberjodid ($n = 1.775$) benutzen. Sehr häufig bedient man sich auch in diesem Falle des Canadabalsams ($n = 1.54$) in geschmolzenem oder gelöstem Zustande und rührt das Pulver in denselben ein. Doch empfiehlt sich dieses Verfahren wenig, da sich bei dem Kochen des Balsams das Pulver regelmässig zusammenballt. Man vermeidet diesen Übelstand, wenn man das Objectglas mit einer dünnen Haut gekochten Canadabalsams überzieht und nach deren Erkaltung das Pulver darüber streut. Ist man mit der Vertheilung zufrieden, so erwärmt man das Objectglas ein wenig, damit die Körnchen eben fest am Balsam haften, bedeckt darauf das Ganze mit einem oder mehreren Tropfen einer dickflüssigen Lösung von Canadabalsam in Aether oder Chloroform und drückt auf das Ganze ein Deckgläschen.

Für manche Beobachtungen und Bestimmungen sind unregelmässig eckige Körner auch bei Anwendung von stark lichtbrechenden Medien nicht geeignet und man bedarf durchaus planparalleler Blättchen. Man kann diese nach Thoulet's Angaben dadurch erhalten, dass man das zu untersuchende Pulver etwa mit dem zehnfachen Volum Zinkoxyd innig mengt und dann so viel einer concentrirten Lösung von Kalisilikat zufügt, dass man einen dicken Brei erhält. Diesen Brei formt man in einem wenig mm hohen Bruchstück einer Glasröhre mit ebenen Rändern, das man auf ein Blatt Papier stellt und nach Füllung oben mit Papier zudeckt, zu einem Kuchen. Nach 2—3 Tagen ist die Masse eingetrocknet und fest genug, um daraus einen Dünnschliff herstellen zu können.

Nach einer Angabe von P. Mann (L. J. 1884. II. 187) kann man auch das Mineralpulver in einer aus Zinkoxyd und Phosphorsäure gekneteten Kugel schleifen.

I. Morphologische Eigenschaften.

1. Krystalle und Krystalldurchschnitte; Messung derselben.

Literatur.

G. Wertheim, Ueber eine am zusammengesetzten Mikroskop angebrachte Vorrichtung zum Zweck der Messung in der Tiefenrichtung und eine hierauf gegründete neue Methode der Krystallbestimmung. S. W. A. Math.-naturw. Classe. 2. Abth. Bd. XLV. pg. 157—170. 1862.

J. Thoulet, Procédé pour mesurer les angles solides des cristaux microscopiques. Bull. Soc. min. Fr. 1878. I. 68.

S. Krysiński, Ueber ein neues Ocularmikrometer und dessen Anwendung in der mikroskopischen Krystallographie. Z. X. 1888. XIV. 17—32.

E. Bertrand, De la mesure des angles dièdres des cristaux microscopiques. C. R. LXXXV. 1175. 1877.

— De l'application du microscope à l'étude de la minéralogie. Bull. Soc. min. Fr. 1878. I. 22.

Die ausserordentliche Wichtigkeit der morphologischen Eigenschaften für die makroskopische Bestimmung der Mineralien verringert sich in höchst missliebiger Weise bei der Untersuchung derselben unter dem Mikroskope. Nur in gewissen Fällen, nämlich an isolirtem Material, bei sehr kleinen als Gesteinsgemengtheile auftretenden Krystallen und bei den sogenannten individualisirten Interpositionen erblickt man unter dem Mikroskope Krystallkörper; sonst hat man es ausnahmslos nur mit Krystalldurchschnitten zu thun, d. h. mit Horizontalprojectionen eines Krystallkörpers auf irgend eine Fläche im Raume, die in keinerlei gesetzmässiger Beziehung zum projicirten Krystall selbst steht. Man erkennt daraus sofort, dass bei der unendlichen Anzahl von Möglichkeiten für die Schnittebene weder die Umrisse des Durchschnitts, noch die Winkelverhältnisse derselben von irgend welchem absoluten Werthe für die Bestimmung des vorliegenden Krystalls sein können.

Sobald allerdings die Richtung bekannt wäre, in welcher der Schliff einen Krystall getroffen hat, wäre auch die Berechnung der Projectionsform und ihrer Winkel nicht schwierig; aber es fehlt eben in vielen Fällen ein sicherer Anhalt für die genaue Bestimmung dieser Richtung. Wo man vermittelst der optischen

Erscheinungen es vermag, die Lage der optischen Constanten in einem Krystalldurchschnitt zu erkennen, kann man allerdings oft durch eine geschickte Combination dieser mit den Durchschnittsumrissen und andern Eigenschaften, wie Verlauf der Spaltungsrichtungen, einen mehr oder weniger sicheren Schluss ziehen, und diesem kann durch Winkelmessungen am Durchschnitt ein so hoher Grad von Wahrscheinlichkeit gegeben werden, dass sie der Gewissheit gleich wird. Das hierfür einzuschlagende Verfahren hat besonders Alfr. C. Lane* allgemein dargelegt.

Ferner ist nicht zu übersehen, dass ein Verfahren, welches man das statistische nennen könnte, nicht selten werthvolle Anhaltspunkte giebt. Denn wenn auch die Möglichkeit unendlich vieler Schnittflächen vorliegt, so ist doch die Wahrscheinlichkeit für alle diese Schnittflächen eine sehr verschiedene und wesentlich abhängig von den Ausdehnungsverhältnissen der Krystallkörper und der Anordnung derselben im Gestein; eine Thatsache, die jeder aufmerksame Beobachter an den häufig auftretenden Mineralien, wie Feldspath, Nephelin, Augit etc. bald bestätigt finden wird. Combinirt man also nach drei Richtungen im Raume die häufigst auftretenden Durchschnitte, so wird man sich unschwer die Gestalt des Krystallkörpers darstellen können.

Fände man z. B. von einem Mineral in überwiegender Anzahl quadratische und sechsseitige farblose Durchschnitte, so wäre der Deutung ein ausserordentlich weiter Spielraum geboten. Ergäbe es sich nun aber bei der Untersuchung im polarisirten Licht, dass beiderlei Durchschnitte zwischen gekreuzten Nicols in jeder Lage dunkel blieben, so würde man sofort mit vollem Rechte schliessen, dass sie von einem isotropen, also regulären Mineral herrühren müssten, welches in der Form des Rhombendodekaëders krystallisirt. Man würde demgemäss an Granat oder die Hauyngruppe denken.

Zeigten sich dagegen die quadratischen Durchschnitte (parallel oP [001]) zwischen gekreuzten Nicols stets dunkel, die hexagonalen (parallel der Hauptaxe durch eine Combination ∞P [110] . P [111]) im Allgemeinen hell, so hätte man es mit einem quadratisch krystallisirenden Mineral zu thun und müsste etwa die Skapolith-Gruppe ins Auge fassen.

Umgekehrt würde man auf ein hexagonal krystallisirendes Mineral schliessen, wenn sich die hexagonalen Durchschnitte (par-

* On the recognition of the angles of crystals in thin sections. Bull. geol. Soc. of America. 1891. II. 365.

allel oP [0001]) zwischen gekreuzten Nicols stets dunkel, die quadratischen (parallel der Hauptaxe durch eine Combination ∞P [10$\bar{1}$0] . oP [0001]) im Allgemeinen hell erwiesen und die Vermuthung von Nephelin oder Apatit läge nahe.

Wenn man endlich fände, dass im Allgemeinen sowohl die quadratischen, wie die sechsseitigen Durchschnitte zwischen gekreuzten Nicols im Allgemeinen hell wären, so dürfte man unter andern auf einen orthoklastischen Feldspath schliessen, der im einen Falle etwa parallel dem Orthopinakoid, im andern Falle geneigt zur Basis so getroffen wäre, dass der Schnitt durch die hinteren und vorderen Prismenflächen ginge.

Dass man die Berechtigung dieser Schlüsse durch fernere optische Bestimmungen, durch Winkelmessungen, Vergleichung der Mikrostructur der fraglichen Durchschnitte mit solchen von bekanntem Material und endlich durch mikrochemische Versuche bei manchen Vorkommnissen über allen Zweifel erheben kann, bedarf wohl nicht der Erwähnung.

Die mit dem Mikroskop auszuführenden Messungen beziehen sich entweder auf lineare Grössen, oder auf ebene Winkel, oder endlich auf Körperwinkel.

Lineare Grössen werden vermittelst eines Ocularmikrometers gemessen. Ein solches besteht aus einer Glasplatte, auf welcher ein hinreichend feiner Massstab photographirt oder vermittelst Diamant eingeritzt ist. Gewöhnlich ist das Millimeter in 10 Theile getheilt, die ganzen Millimeter sind durch längere, die halben durch mittlere und die Zehntel durch kürzere Theilstriche getrennt. Bei den für petrographische Zwecke bestimmten Mikroskopen pflegen die Ocularmikrometer fest dem Ocular eingefügt und so orientirt zu sein, dass die Theilung genau von links nach rechts, oder von hinten nach vorn gerichtet ist. Seltener sind Ocularmikrometer mit zwei sich senkrecht schneidenden Theilungen, so dass man also nach zwei Richtungen zugleich messen kann. Mit einem Ocularmikrometer kann man natürlich nicht direct die Länge des beobachteten Gegenstandes, sondern nur diejenige seines Bildes messen. Um zu ermitteln, welcher wirklichen absoluten Grösse im Gegenstand ein Theilstrich des Ocularmikrometers bei Anwendung eines bestimmten Objectivsystems entspricht, bringt man unter das Objectiv ebenfalls eine Glasplatte mit feiner Theilung (Objectivmikrometer) und untersucht, welches Verhältniss zwischen den beiden Theilungen besteht. Hätte man auf dem

Ocularmikrometer eine Eintheilung in $^1/_{10}$ mm, auf dem Objectivmikrometer eine solche in $^1/_{100}$ mm und deckten sich drei Theilstriche des ersten mit einem Theilstrich des zweiten, so entspräche bei Anwendung dieser Linsencombination ein Theilstrich des Ocularmikrometers im Object einer wirklichen Grösse von 0,0033 mm oder 3,3 μ (Mikromillimeter). Man prüft dieses Verhältniss an mehreren Stellen des Objectivmikrometers. Wäre die Uebereinstimmung der Theilstriche in Ocular- und Objectivmikrometer keine absolut genaue, deckten sich also z. B. annähernd aber nicht ganz genau sechs Theilstriche im ersten mit fünf Theilstrichen im zweiten, so wird man ein möglichst grosses Multiplum von sechs Theilstrichen des ersten mit denen des zweiten vergleichen und beispielsweise finden, dass $16 \times 6 = 96$ Theilstriche des Ocularmikrometers etwas länger sind als 81 und etwas kürzer als 82 Theilstriche des Objectivmikrometers. Dann ist also sicher

1 Theilstrich des Ocularmikrometers $>$ 0,008438 mm $=$ 8,438 μ,
1 „ „ „ $<$ 0,008541 mm $=$ 8,541 μ.

und daraus als sehr annähernd richtig

1 Theilstrich des Ocularmikrometers $=$ 8,489 μ.

Man bestimmt natürlich dieses Verhältniss ein für alle Mal für jedes Objectiv des Mikroskops.

Die Messung von ebenen Winkeln lässt sich, da die in der Petrographie gebräuchlichen Mikroskope centrisch drehbare Tische besitzen, am bequemsten und einfachsten dadurch ausführen, dass man den Scheitel des zu messenden Winkels auf das Centrum des Fadenkreuzes im Ocular einstellt, nach einander die beiden Schenkel des Winkels mit den Fäden selbst zur Deckung bringt und an der Kreistheilung des Tisches die Drehung abliest. Je nachdem man beide Schenkel mit demselben Faden auf derselben oder auf entgegengesetzten Seiten vom Centrum, oder aber mit den beiden Fäden deckte, giebt die abgelesene Drehung selbst, oder ihr Complement zu 180° resp. 90° die Grösse des Winkels. Man bringe nach Thunlichkeit den Scheitel des Winkels in den Schnittpunkt des Fadenkreuzes und sorge für möglichst centrische Drehung, so dass bei den Ablesungen die Schenkel des Winkels den Fäden anliegen. Die Einstellung auf den Parallelismus von Schenkel und Faden ist recht unsicher. Ebenso ist es zur Erhaltung richtiger Resultate nothwendig, dass die Ebene, in welcher der Winkel liegt, [illegible]recht zur Drehungsaxe des Tisches, also genau horizontal liege. [illegible]ses nicht der Fall, so wird der Winkel zu gross gemessen

werden, wenn beide Schenkel gleiche Neigung zur Drehungsaxe haben, zu klein, wenn dieselbe Neigung zur Drehungsaxe eine verschiedene ist.

Eine sehr bequeme Methode zur Messung ebener Winkel, die auch dann anwendbar ist, wenn die Schenkel nicht zum Schnitt kommen oder gar nicht beide Schenkel zugleich im Gesichtsfeld liegen, gab G. Wolff* an (Fig. 1). $KLM = \varphi$ sei der zu messende Winkel, A_1, A_2 und B_1, B_2 die Fäden im Ocular, das Centrum des Gesichtsfeldes liege innerhalb des Winkels, v_1, v_2, w_1 und w_2 seien die Stellen, wo die Schenkel des Winkels das Gesichtsfeld verlassen. Dann ist $\varphi = \frac{1}{2}\ (v_2 w_2 - v_1 w_1)$. Ist die Bewegung des Objecttisches genau centrisch und dreht man in der Richtung A_1 und B_1 und A_2 und B_2, so seien V_1, V_2, W_1 und W_2 die Stellungen des Objecttisches, welche abgelesen werden, wenn die Punkte v_1, v_2, w_1 und w_2 die Punkte A und B passiren. Dann ist der Bogen $v_1 w_1 = V_1 - W_1$ und $v_2 w_2 = V_2 - W_2$ und

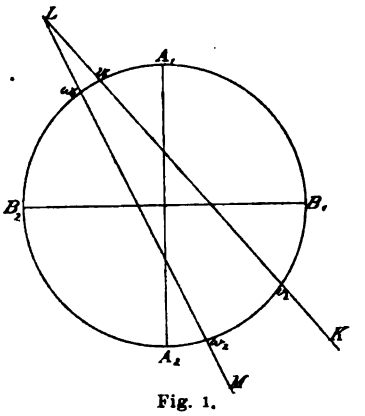


Fig. 1.

$$\varphi = \tfrac{1}{2}[(W_2 - V_2) - (V_1 - W_1)]$$
$$= \tfrac{1}{2}[(W_1 + W_2) - (V_1 + V_2)]$$

Liest man an den Punkten A_1, B_1, A_2 und B_2 ab, so wird man frei von den Fehlern der Theilung des Tisches und erhält eine grössere Zahl von Beobachtungen, die man durch Wiederholung beliebig vermehren kann. Man habe n Gruppen von Beobachtungen V^1_1, V^1_2, W^1_1, W^1_2 bis V^n_1, V^n_2, W^n_1, W^n_2 und es sei $V^k_1 + V^k_2 = V^k$, $W^k_1 + W^k_2 = W^k$; dann ist

$$\varphi_1 = \tfrac{1}{2}(W^1 - V^1)$$
$$\varphi_2 = \tfrac{1}{2}(W^2 - V^2)$$
$$\vdots$$
$$\varphi_n = \tfrac{1}{2}\ (W^n - V^n)$$

und im Mittel

$$\varphi = \tfrac{1}{2n}(\Sigma W - \Sigma V).$$

Bei sehr kleinen Objecten kann die Parallelstellung der Kanten eines ebenen Winkels mit den Fäden im Ocular wegen ihrer Kürze grosse Schwierigkeiten darbieten; man bedient sich dann oft mit

* Z. X. 1890. XVIII. 277.

Vortheil eines doppelt brechenden, sog. LEESON'schen Prismas, welches in passender Weise durch Ring und Schraube so über dem Ocular befestigt ist, dass seine Axe mit derjenigen des Mikroskops zusammenfällt. Das Prisma ist drehbar um seine Axe und die Grösse der Drehung kann an einer auf dem abgeschrägten Rande der Fassung angebrachten Kreistheilung gegen einen Nonius abgelesen werden (Fig. 2).

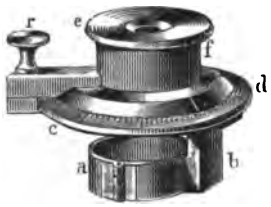


Fig. 2.

Fig. 3.

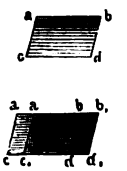


Fig. 3 a.

Fig. 3 b.

Fig. 3 c.

Blickt man durch dasselbe nach dem Object, so wird man Alles doppelt sehen, beispielsweise den Durchschnitt $abcd$ in Fig. 3 wie in Fig. 3a. Durch Drehung des genau über dem Ocular befindlichen doppelt brechenden Prismas wird man es dahin bringen können, dass zwei parallele Kanten in Fig. 3a, etwa ab und $a_1 b_1$ in eine gerade Linie fallen, wie dieses Fig. 3b zeigt. Liest man nun den Winkel am Nonius ab, dreht dann das doppelt brechende Prisma weiter, bis die Kanten bd und $b_1 d_1$ in eine gerade Linie fallen, wie in Fig. 3c, liest auch diesen Winkel am Nonius ab, so ist die Differenz der beiden Ablesungen die Grösse des Winkels $b_1 bd$ in Fig. 3b. Der Complementärwinkel dazu ist der zu messende Winkel abd.

In manchen Fällen kann es von Nutzen sein, die ebenen Winkel geradliniger Figuren aus der mit dem Ocularmikrometer ermittelten Länge ihrer Seiten und Diagonalen zu berechnen, wie dieses z. B. ZENGER* an kleinen Krystallen der Sprödmetalle that.

Da nun aus den bekannten ebenen Winkeln eines Körpers unter gewissen Bedingungen auch dessen körperliche Winkel gefunden werden können, so ist es in manchen Fällen möglich durch mikroskopische Messungen in der Ebene krystallographische Bestimmungen auszuführen. — Man hat jedoch mehrfach versucht, das Mikroskop direct goniometrischen Zwecken anzupassen. In all-

* ZENGER, Mikroskopische Messungen der Krystallgestalten einiger Metalle. S. W. A. XLIV. 2. Abth. 1861. 310.

gemein anwendbarer Form und unter Benützung von Constructionen, welche eine grosse Anzahl der heute bei mineralogischen und petrographischen Untersuchungen verwendeten Mikroskope besitzen, geschah dieses zuerst von Gustav Wertheim. Da der Winkel, welchen zwei Flächen von beliebiger Lage im Raum mit einander bilden, berechnet werden kann aus der bekannten Lage derselben, so kann man die Aufgabe, den Neigungswinkel zweier Flächen zu messen, darauf zurückführen die Lage dieser zwei Flächen im Raume zu bestimmen. Jede Fläche ist ihrer Lage nach im Raume bestimmt, wenn die Lage von drei, nicht in einer geraden Linie liegenden, Punkten in der Ebene gegeben ist. Wenn nun der Objecttisch des Mikroskopes nach zwei zu einander senkrechten Richtungen durch Schrauben um genau messbare Grössen verschiebbar hergestellt ist und zugleich die vertikale Verschiebung des Tubus des Mikroskopes durch die Mikrometerschraube gemessen werden kann, so sind die Bedingungen zur Bestimmung der Lage von Punkten und damit von Ebenen im Raume gegeben. Das Maass der vertikalen Verschiebung des Tubus wird durch die wechselnde Stellung einer Kreistheilung an dem Rande der Mikrometerschraube gegen einen festen Index oder Nonius gegeben, wenn man die Höhe eines Schraubenumganges kennt. Dabei wird das Linsensystem des Objectivs und das gemessene Object in dasselbe Medium eingetaucht, andernfalls ist der direct abgelesene Werth durch das Verhältniss der Brechungsindices der Medien zu reduciren, also wenn das Präparat in Canadabalsam liegt und ein Trockensystem, beziehungsweise Wasserimmersionssystem angewandt wird, mit $\frac{1,54}{1}$ bez. $\frac{1,54}{1,33}$ zu multipliciren. — Die horizontalen Verschiebungen des Objecttisches werden entweder gleichfalls durch eine Kreistheilung am Rande der sie bewegenden Schrauben, oder aber durch eine am Rande der den Tisch tragenden Schlitten angebrachte lineare Theilung, die sich an einem Nonius hin bewegt, gemessen. Man verfährt dabei in folgender Weise. Ein leicht zu findender und scharf einstellbarer Punkt der zu bestimmenden Ebene wird durch die Verschiebung der horizontalen, den Objecttisch tragenden Schlitten in den Schnittpunkt des Ocularfadenkreuzes gebracht und vermittelst der Mikrometerschraube des Tubus genau eingestellt, indem man das Auge hierbei, wie bei allen andern Einstellungen auf das Fadenkreuz accommodirt. Alsdann wird die Stellung der beiden horizontalen Schlitten und der Mikrometer-

schraube am Tubus abgelesen und notirt. Bringt man nun einen zweiten Punkt derselben Ebene in den Schnittpunkt des Ocularfadenkreuzes, stellt genau darauf ein, liest wieder die Stellung der Schlitten und der Mikrometerschraube ab, und wiederholt das gleiche Verfahren bei einem dritten Punkte, so ist damit die Lage der Ebene dieser drei Punkte gegeben. Betrachtet man die bei der Bestimmung des ersten Punktes gemachten Ablesungen als den Nullpunkt des Coordinatensystems, so erhält man hierauf bezogen die Coordinaten der beiden andern Punkte in Millimetern ausgedrückt mit positiven oder negativen Vorzeichen je nach ihrer Lage gegen den Nullpunkt durch einfache Subtraction der für ihre Position gemachten Ablesungen. Sind die drei Punkte a, b und c, ihre Coordinaten beziehungsweise $(x_1\ y_1\ z_1)$, $(x_2\ y_2\ z_2)$, $(x_3\ y_3\ z_3)$, so ist die Gleichung der durch sie gelegten Ebene

$$Ax + By + Cz = D,$$

worin

$$\begin{aligned} A &= y_1(z_2 - z_3) + y_2(z_3 - z_1) + y_3(z_1 - z_2) \\ B &= z_1(x_2 - x_3) + z_2(x_3 - x_1) + z_3(x_1 - x_2) \\ C &= x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2) \end{aligned}$$

Bestimmt man genau in derselben Art drei Punkte a′ b′ c′ einer andern Ebene, die gar nicht an die erste zu grenzen braucht, auch ganz ausserhalb des Gesichtsfeldes liegen kann, und findet ihre Coordinaten beziehungsweise zu $(x_4\ y_4\ z_4)$, $(x_5\ y_5\ z_5)$, $(x_6\ y_6\ z_6)$, so ist die Gleichung der zweiten Fläche

$$A'x + B'y + C'z = D'$$

worin

$$\begin{aligned} A' &= y_4(z_5 - z_6) + y_5(z_6 - z_4) + y_6(z_4 - z_5) \\ B' &= z_4(x_5 - x_6) + z_5(x_6 - x_4) + z_6(x_4 - x_5) \\ C' &= x_4(y_5 - y_6) + x_5(y_6 - y_4) + x_6(y_4 - y_5) \end{aligned}$$

Aus den Gleichungen der beiden Flächen ergiebt sich dann der Cosinus ihres Neigungswinkels durch die Formel

$$\cos x = \frac{AA' + BB' + CC'}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2} \cdot \sqrt{A'^2 + B'^2 + C'^2}}$$

Es liegt auf der Hand, dass diese Methode um so ungenauere Resultate geben wird, je weniger genau die Einstellungen und je kleiner die gemessenen Werthe sind. Den Einstellungen wird man eine ziemliche Genauigkeit dadurch geben können, dass man die Vergrösserungen hinreichend stark wählt. Sind die zu messenden Dimensionen sehr klein, so fallen jedoch trotzdem die unvermeid-

lichen Einstellungsfehler ziemlich schwer ins Gewicht. In jedem Falle werden die Resultate um so genauer werden, je stärker man die Vergrösserung wählt. Von dem Glanze der Flächen sind die Beobachtungen unabhängig, dagegen influirt ihre Unebenheit in hohem Grade auf die Messungen.

Eine wesentliche Verbesserung dieser Methode gab A. Krysinski aus der oben citirten Arbeit unter Benutzung eines von Hartnack construirten neuen beweglichen Ocularmikrometers. Die Verbesserung liegt darin, dass die zur Gewinnung der Coordinaten der sechs Punkte durch Schrauben am Ocular ausgeführt, aber nicht an diesem, sondern an einem Ocularmikrometer gemessen werden. Die Skala desselben besteht aus einem rechtwinkligen Dreieck, dessen eine Kathete genau zehn Mal die Länge der andern hat. Auf der langen Kathete stehen senkrecht in gleichen Abständen 100 Theilstriche von der Länge der kurzen Kathete. Daraus folgt, dass der zwischen der Hypothenuse und der langen Kathete liegende Abschnitt dieser Theilstriche genau ein Zehntel des Abschnitts auf der langen Kathete sind.

In dem Wesen stimmt mit dem Wertheim'schen Verfahren eine von J. Thoulet angegebene Methode der Bestimmung von Flächenwinkeln überein. Sei an dem Krystallfragment Fig. 4, welches irgendwelche Lage unter dem Mikroskop einnimmt, der Winkel der Flächen M und a zu messen. Man wählt auf der Kante der beiden Flächen zwei beliebige Punkte r und s, auf jeder Fläche einen weiteren Punkt (t auf M und u auf a), stellt successive bei unveränderter Lage des Krystalls auf jedem der Punkte r, s, t, u ein und liest an der Mikrometerschraube des Tubus ihre Höhendifferenzen ab. Hierauf ersetzt man, ohne das Präparat irgendwie zu verschieben, das Ocular durch eine Camera lucida, zeichnet den Krystall durch diese ab, markirt die ihrer Höhenlage nach bestimmten vier Punkte durch feine Nadelstiche und verbindet dieselben durch gerade Linien. Nun ersetzt man das Präparat durch ein Objectivmikrometer und zeichnet die Skala desselben gleichfalls. Man hat alsdann die horizontale Projection des Tetraëders $rstu$; die scheinbare Länge der Kanten desselben lässt sich sofort vermittelst des durch das Objectivmikrometer erhaltenen

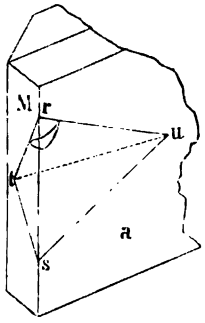


Fig. 4.

Massstabes bestimmen; die scheinbare Länge jeder Kante und die Höhendifferenz ihrer Endpunkte bilden die Katheten rechtwinkliger Dreiecke, deren Hypothenusen die wirkliche Länge der Tetraëderkanten darstellen. Aus der bekannten Länge der drei Seiten der drei in einem Tetraëdereck zusammenstossenden geradlinigen Dreiecke (*trs*, *sru*, *tru*) berechnet man nach bekannter Formel die drei in dem Eck zusammenstossenden Winkel derselben und hat damit die drei Seiten eines sphärischen Dreiecks, aus denen ein Winkel $M : a$ zu berechnen ist.

Bei dem THOULET'schen Verfahren sind natürlich ebenso die an der Mikrometerschraube des Tubus abgelesenen Höhendifferenzen nur dann die wirklichen Maasse dieser Lineargrössen, wenn der beobachtete Krystall frei in Luft auf dem Objectglase liegt. Ist derselbe in ein anderes Medium eingebettet, liegt er also in einem Dünnschliff, dann ist die gemessene Höhendifferenz nicht die wirkliche, sondern kleiner als diese und sie weicht von der wirklichen um eine bestimmte Grösse ab, welche von dem Brechungsexponenten der umhüllenden Substanz abhängig ist. Die Correctur ist die gleiche, welche oben bei dem WERTHEIM'schen Verfahren angegeben wurde.

Eine allerdings nur für lose und spiegelnde, aber auch für sehr kleine Krystalle berechnete Methode der mikroskopischen Winkelmessung gab EM. BERTRAND an. Er legt den Krystall M in beliebiger Stellung auf eine Fläche eines Glaswürfels; dann werden die Tracen jeder der verlängert gedachten Flächen, deren Winkel gemessen werden soll, zwei Seiten der Würfelfläche unter zwei sich zu 90° ergänzenden Winkeln schneiden. Der Winkel der einen Trace mit der Würfelfläche sei a, der der andern α (Fig. 5). Ebenso schneiden die Verlängerungen der Flächen die beiden andern im Würfeleck zusammenstossenden Kanten unter den Winkeln b, c und β, γ. Von den Winkeln a, b, c und α, β, γ brauchen nur je zwei gemessen zu werden, da stets die Tangente des dritten dem Product aus den Cotangenten der beiden andern gleich ist.

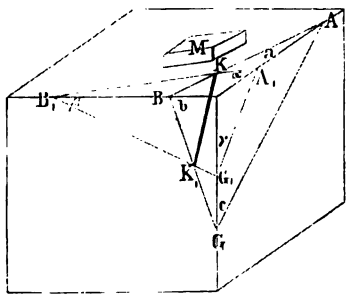


Fig. 5.

Verbindet man die Durchschnittspunkte der beiden Paare sich

schneidender Tracen durch die Linie KK_1, so ist offenbar der Winkel der Ebene KBK_1 und $A_1KK_1C_1$ der gesuchte Winkel x. Derselbe berechnet sich aus dem, durch die beiden genannten Flächen und die obere Würfelfläche gebildeten sphärischen Dreieck. Nennt man die Neigung der Fläche ABC zur oberen Würfelfläche y, so ergiebt sich aus dem rechtwinkligen sphärischen Dreieck bei A

$$\sin a = \operatorname{cotg} y \,.\, \operatorname{tg}(90 - c) = \operatorname{cotg} y \,.\, \operatorname{cotg} c$$

$$\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{cotg} c}{\sin a}$$

und da $\operatorname{tg} a = \operatorname{cotg} b \,.\, \operatorname{cotg} c$, also $\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} a \,.\, \operatorname{tg} b}{\sin a}$

$$\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} b}{\cos a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{I}$$

Für die Neigung der Fläche $A_1B_1C_1$ gegen die Würfelfläche, welche z heisse, folgt ebenso aus dem rechtwinkligen sphärischen Dreieck bei B_1

$$\sin(90 - \alpha) = \operatorname{cotg} z \,.\, \operatorname{tg} \beta$$

$$\cos \alpha = \operatorname{cotg} z \,.\, \operatorname{tg} \beta$$

$$\operatorname{tg} z = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{II}$$

Damit kennt man in dem schiefwinkligen sphärischen Dreieck bei K die Winkel y und z und die Seite $A_1KB = 270 - [\alpha + (90 - a)] = 180 - \alpha + a$ und findet den gesuchten Winkel x durch die Formel

$$\cos x = \frac{\cos y \,.\, \sin(z - \varphi)}{\sin \varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{III}$$

$$\text{mit } \operatorname{cotg} \varphi = \operatorname{tg} y \,.\, \cos[180 - (\alpha - a)]$$

Aus dieser Cosinus-Formel lässt sich eine Sinus-Formel, die auch Bertrand giebt, in folgender Weise ableiten:

$$\cos x = \frac{\cos y \,.\, \sin(z - \varphi)}{\sin \varphi}$$

$$= \frac{\cos y \sin z \cos \varphi - \cos y \cos z \sin \varphi}{\sin \varphi}$$

$$= \cos y \sin z \operatorname{cotg} \varphi - \cos y \cos z$$

$$= \cos y \sin z \operatorname{tg} y \cos[180 - (\alpha - a)] - \cos y \cos z$$

$$= \sin y \sin z \cos[180 - (\alpha - a)] - \cos y \cos z$$

$$1 - \cos x = 1 - \sin y \sin z \cos[180 - (\alpha - a)] + \cos y \cos z + \sin y \sin z - \sin y \sin z$$

$$= \sin y \sin z\,(1 - \cos[180 - (\alpha - a)]) + 1 + \cos(y + z)$$

$$\sin^2 \frac{x}{2} = \sin y \sin z \,.\, \sin^2 \frac{1}{2}[180 - (\alpha - a)] + \cos^2 \frac{y + z}{2}$$

$$\frac{\sin^2\frac{x}{2}}{\cos^2\frac{y+z}{2}} = \sin y \sin z \frac{\sin^2\frac{1}{2}[180-(\alpha-a)]}{\cos^2\frac{y+z}{2}} + 1.$$

Dieser Ausdruck geht, wenn man $\sqrt{\sin y \sin z} \frac{\sin\frac{1}{2}[180-(\alpha-a)]}{\cos\frac{y+z}{2}}$ $= \operatorname{tg}\omega$ setzt, durch Wurzelausziehen über in

$$\sin\frac{x}{2} = \frac{\cos\frac{y+z}{2}}{\cos\omega} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{IV}$$

Um die Winkel a, b, c und α, β, γ genau bestimmen zu können, befestigt Bertrand das Kryställchen mit etwas Wachs in beliebiger Stellung auf einer der Würfelflächen, der Würfel wird auf dem drehbaren Mikroskoptisch so gehalten, dass eine Kante desselben genau von vorn nach hinten läuft und dann vermittelst der Schrauben am Objecttisch so verschoben, dass der zu messende Krystall in der Mitte des Gesichtsfeldes liegt. Vor dem Mikroskope ist ein Schirm angebracht mit einer schmalen Vertikalspalte von hinreichender Höhe, dass durch dieselbe und einen passend angebrachten Spiegel das Kryställchen von oben bis unten beleuchtet werden könne. Der Spalt wird genau parallel der Axe des Instruments und so gestellt, dass die Einfallsebene des Lichts das Gesichtsfeld des Mikroskopes nach links und rechts halbire. Dreht man nun den Objecttisch, so wird eine der Flächen, deren Neigungswinkel gemessen werden soll, hell beleuchtet erscheinen, sobald sie senkrecht zur Einfallsebene des Lichtes steht, also ihre Normale in der Ebene des einfallenden Lichtes und der Axe des Mikroskopes liegt. Die Drehung, welche am Nonius des Objecttisches abgelesen wird, giebt den Winkel, welcher die Trace der beleuchteten Fläche mit der einen Würfelkante bildet (a). Auf gleiche Weise findet man den Winkel α. — Wird darauf der Würfel so aufgestellt, dass die vordere Fläche oben liegt und eine ihrer Kanten parallel der Linie 0—180 am Objecttisch gerichtet, deren Nullpunkt mit dem Nullpunkt des Nonius zusammenfällt, so bestimmen sich die Winkel b und β ebenso wie vorher a und α.

Um die Unsicherheit der Einstellung auf das Beleuchtungsmaximum der in ihrer Neigung zu messenden Flächen zu entfernen, Bertrand im Ocular einen Cylinder von Flintglas an, dessen fläche sich in dem Focus der oberen Ocularlinse befindet.

Der Cylinder, dessen Endflächen genau parallel sein müssen, ist vertikal in zwei Hälften durchschnitten und vermittelst Canadabalsam mit den gut polirten Schnittflächen wieder verkittet. Die Trace der Schnittfläche wird in die Ebene der Axe des Instrumentes und des einfallenden Lichtes gestellt. So lange das Licht parallel dem Medianschnitt des Cylinders einfällt, wird man ein gleichmässig helles Gesichtsfeld haben, in welchem sich die Schnittebene als eine dunkle Linie abhebt: sowie die Beleuchtung schief wird, müssen die beiden Hälften des Gesichtsfeldes in Folge der einseitigen Totalreflexion an der Grenze des stärker lichtbrechenden Flintglases gegen den schwächer lichtbrechenden Canadabalsam verschieden beleuchtet sein. Die gleiche Beleuchtung, welche sehr scharf eingestellt werden kann, beweist, dass die beleuchtete Fläche genau senkrecht zur Einfallsebene des Lichtes steht. Später hat Bertrand dieses Prisma noch dadurch verbessert, dass er zwischen die beiden Flintglashälften eine sehr dünne Platte von Crownglas einfügte, die natürlich bei schiefem Einfall des Lichts wegen ihres gegenüber dem Canadabalsam geringern Brechungsexponenten dunkel erscheinen muss, während je nach der Richtung, von wo das Licht schief einfällt, die rechte oder linke Hälfte des Flintcylinders hell ist. Sobald das Licht genau in der Medianebene einfällt, ist die Crownglaslamelle hell beleuchtet, wie der Rest des Gesichtsfeldes.

Krystalle bis zu $^1/_{30}$ mm Grösse sind auf diese Weise messbar und bei guter Spiegelung der Flächen geht die Genauigkeit bis auf 5′—10′. Das Flintglasprisma darf natürlich nicht zu kurz sein und die Genauigkeit der Messungen wird mit der Länge des Cylinders wachsen. Vorausgesetzt ist ferner eine hinreichend feine Kreistheilung am Mikroskoptisch.

II. Krystallbildung und Anomalien derselben.

a. Aeussere in der Gestalt.

Literatur.

H. Behrens, Die Krystalliten. Mikroskopische Studien über verzögerte Krystallbildung. Kiel. 1874.

M. L. Frankenheim, Ueber das Entstehen und das Wachsthum der Krystalle nach mikroskopischen Beobachtungen. Pogg. Ann. CXI. 1860.

O. Lehmann, Ueber physikalische Isomerie. Z. X. 1877. I. 97—131.

— Ueber das Wachsthum der Krystalle. Z. X. 1877. I. 453—496 (auch als Beilage zum Programm des Gymnasium zu Freiburg i. B. 1877).

— Molekularphysik. 2 Bde. Leipzig. 1888—1889.

F. Leydolt, Ueber die Krystallbildung im gewöhnlichen Glase und in den verschiedenen Glasflüssen. S. W. A. 1852. Math.-naturw. Classe VIII. 261—277.

Link, Ueber die Bildung der festen Körper. Berlin. 1841.
H. Vogelsang, Ueber die mikroskopische Structur der Schlacken und über die Beziehungen der Mikrostructur zur Genesis der krystallinischen Gesteine. Pogg. Ann. 1864. CXXI. 101—125.
— Philosophie der Geologie. Bonn. 1867.
— Sur les crystallites. Arch. Néerland. V. 1870; VI. 1871; VII. 1872.
— Die Krystalliten. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von F. Zirkel. Bonn. 1875.

Wenn in einer Lösung, sei dieselbe wässrigflüssig, schmelzflüssig oder gasförmig, Zustände eintreten (Uebersättigung), welche die Ausscheidung krystallisirbarer Verbindungen möglich machen, so wird bei hinreichender Beweglichkeit der zum Krystall zusammentretenden Moleküle und ausreichender Beständigkeit der für die Ausscheidung und gesetzmässige Gruppirung günstigen Verhältnisse die Entwicklung von Krystallen beginnen, deren Zahl von der Menge der sich entwickelnden Krystallisationscentren und deren Grösse von der Quantität des dem wachsenden Krystall zuströmenden Stoffes abhängig sein wird. Jeder wachsende Krystall wird auf die ihm homogenen, innerhalb seiner Molekularattractionssphäre in der Lösung (Mutterlauge) befindlichen Moleküle richtend und anziehend wirken und durch deren Anlagerung wachsen. Dadurch entsteht um jeden wachsenden Krystall ein stoffärmerer Lösungsmantel (Krystallisationshof) (Taf. I Fig. 1), welchem durch Diffusion aus der übersättigten Mutterlauge stets krystallisirbare Moleküle zugeführt, durch stetes Anschiessen dieser an den Krystall entzogen werden. So lange dieser Vorgang normal verläuft, wird der wachsende Krystall in jedem Stadium seines Wachsthums von continuirlichen ebenen Flächen begrenzt sein, also den idealen Anforderungen an die morphologische Ausbildung eines Krystalls entsprechen. Versetzen wir diesen Vorgang in eine schmelzflüssige Lösung und denken wir uns, dass der Zustand der Uebersättigung mit Bezug auf die sich ausscheidende Substanz aufhöre und etwa gleichzeitig durch zunehmende Viscosität der Lösung die Bewegung der Moleküle allmählig gehindert werde, so wird aus der Mutterlauge in einem gewissen Zeitpunkt keine Diffusion der krystallisirbaren Verbindung in den Krystallisationshof mehr stattfinden, während doch in unmittelbarer Umgebung des Krystalls durch den Uebergang der anschiessenden Moleküle in den Ruhezustand so viel Wärme frei wird, dass eine fernere Anlagerung krystallisirbarer Moleküle aus dem Krystallisationshof stattfinden kann. Nach gänzlichem Aufhören der Krystallisation wird alsdann der Krystallisationshof merklich ärmer an

der krystallisirbaren Verbindung sein, als die Mutterlauge. War die krystallisirbare Verbindung oder gewisse Bestandtheile derselben geeignet, die Mutterlauge zu pigmentiren, so wird nach Verfestigung des Ganzen der Krystall von einem gegenüber der Mutterlauge helleren Hof umgeben sein. Man beobachtet diese Thatsache oft in porphyrischen Gesteinen und Taf. II Fig. 3 zeigt dieselbe um Augite in Obsidian von Hammarsfjord.

Liegen die Krystallisationscentren in hinreichender Entfernung von einander und endet der Krystallisationsprocess, so lange noch Mutterlauge vorhanden ist, so werden die Umgrenzungen der gebildeten Krystalle wesentlich durch ihr eigenes Formengesetz bedingt sein. Die Krystalle sind idiomorph. Wird eine oder die andere, oder werden beide Bedingungen nicht erfüllt, so wird die Ausbildung jedes einzelnen Individuums durch die nächstgelegenen gehemmt und gestört werden und es wird ein mehr oder weniger regelloses krystallines Aggregat entstehen, dessen Einzelindividuen hypidiomorph oder auch ganz allotriomorph sind.

Ist die Stoffzufuhr durch den Diffusionsstrom in den Krystallisationshof eine sehr reichliche und beschleunigte, so werden gewisse Theile des Krystalls, und zwar diejenigen, denen ein grösserer Theil des Krystallisationshofes tributär ist, rascher wachsen als andere Theile. O. Lehmann machte mit Recht darauf aufmerksam, dass bei dem Wachsthum die Kanten und Ecken eines Krystalls gegenüber gleich grossen Flächentheilen bevorzugt seien, wie Fig. 6 veranschaulicht, worin *ab*, *bc*, *cd*, *de*, *ef* etc. gleich grosse Flächentheile eines wachsenden Krystalls, *A*, *B*, *C* etc. die jedem Flächentheil zugehörigen Theile des Krystallisationshofes darstellen. Hört das Wachsthum des Krystalls während der Periode des Wucherns der Ecken und Kanten auf, so wird der Umriss desselben, wie Fig. 6a zeigt, ein ruinenartiger, zackiger oder treppenförmiger etc. sein, aber jedes Begrenzungselement wird jedem gleichwerthigen andern Begrenzungselemente parallel sein. Derartige Bildungen sind bei Feldspathen, Augiten, Hornblenden, Olivinen u. s. w. eruptiver porphyrischer Gesteine ziemlich häufige Erscheinungen.

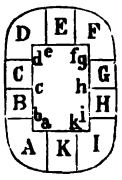


Fig. 6.

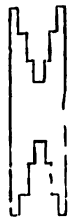


Fig. 6a.

Das ungestörte Wachsthum eines Krystalls unter den ange-

gebenen Bedingungen erkennt man bei mikroskopischer Beobachtung nur an der Volumzunahme desselben; unmöglich ist es, die Modalität des Wachsens selbst, den Zutritt und die Anlagerung der Moleküle an den Krystall wahrzunehmen.

In einer dem Wesen nach wohl gleichen, aber der Erscheinung nach sehr verschiedenen Form vollzieht sich das Wachsthum der Krystalle, sobald durch irgend einen Vorgang die oben angegebenen normalen Bildungsbedingungen gestört werden. Fehlt in der Lösung durch zu rasche Verdunstung des Lösungsmittels, durch zu grosse Viscosität desselben, durch zu starke Adhäsion an den Wandungen (Objectglas und Deckgläschen z. B.) oder irgend einen andern Umstand die erforderliche Beweglichkeit der krystallisirbaren Moleküle, oder hört derselbe zu früh ganz auf, oder mangelt in dem Krystallisationshofe die nothwendige Uebersättigung mit Beziehung auf die krystallisirbare Verbindung an einzelnen Stellen desselben oder in seiner ganzen Ausdehnung, dann müssen gestörte Krystallisationen stattfinden und es entstehen Gebilde, welche man allgemein als Wachsthumsformen zu bezeichnen pflegt.

In den Gesteinen, ganz besonders in den porphyrischen und glasreichen Eruptivgesteinen sind derartige, wohl vorwiegend durch zu grosse Viscosität der Magmen bedingte Wachsthumsformen keine seltene Erscheinung. Sie finden ihre Analoga in künstlichen Schlacken und Gläsern. Die Erklärung und zum grossen Theile die Nomenclatur für solche sehr wechselvolle Gebilde wurde durch die Studien von H. Vogelsang über die Krystallisation des Schwefels aus einer durch Canadabalsam verdickten Lösung in Schwefelkohlenstoff angebahnt und besonders durch die Arbeiten von O. Lehmann gefördert. Viele der Beobachtungen dieser beiden Forscher und manche ihrer Anschauungen finden sich bereits in den Publikationen von M. L. Frankenheim, Link, Harting u. A.

Breitet man eine durch Canadabalsam verdickte Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff auf einem Objectglase aus, so bemerkt man nach einiger Zeit die Ausscheidung kleinerer und grösserer, stark lichtbrechender Kügelchen, welche übersättigte Tropfen der Schwefellösung sind. Diese verlieren durch Verdunstung mehr und mehr das Lösungsmittel und werden schliesslich starr. In diesen amorphen, rundlichen Tropfengebilden sieht Vogelsang die Elementarkörperchen der Krystalle und nennt sie Globulite (Taf. I Fig. 1—3). Dass diese Globulite, welche anfangs nur Tropfen übersättigter Lösung sind, zuletzt zu starren Kugeln werden, woran mehrfach

gezweifelt worden ist, davon hat sich Vogelsang durch Zerdrücken und Zerbrechen derselben mit einer feinen Nadelspitze überzeugen können. Trocknet die Lösung bei oder gleich nach der Ausscheidung dieser Globulite ein, so lassen dieselben keine weitere Veränderung wahrnehmen. Wenn dagegen die Lösung noch längere Zeit eine hinreichende Beweglichkeit bewahrt, so treten Strömungen ein, durch welche die Globulite ihren Ort ändern und bald zu ganz regellosen Haufen, Cumuliten (Taf. II Fig. 2), bald zu mehr oder weniger regelmässigen Gebilden zusammengeführt werden. Sie ordnen sich dann bisweilen zu perlschnurartigen Reihen, wie in Taf. I Fig. 2, welche Vogelsang als Margarite bezeichnete, und auch in den anscheinend regellosen Anhäufungen der Globulite kann man gelegentlich eine Annäherung an gesetzmässige Gruppirung in so fern wahrnehmen, als eine gewisse axiale Vertheilung und Anordnung stattfindet.

Die Globulite zeigen ferner in der noch beweglichen Lösung eine Volumzunahme durch Verschmelzung mit anderen, welche ihnen zugeführt werden (Taf. I Fig. 2). So lange der Widerstand des Lösungsmittels nicht zu gross wird, nimmt der gewachsene Globulit stets wieder die Kugelform an; andernfalls entstehen durch diese Globulitenverschmelzung cylindrische, zapfenförmige oder spitz conische, krummflächig begrenzte Formen, welche als Longulite zusammengefasst werden (Taf. I Fig. 2), und die, den Globuliten morphologisch gleichwerthig, auch mit diesen zu den complexen Gebilden der Margarite und axial geordneten Häufchen zusammentreten. Den Globuliten und Longuliten, sowie den mannichfachen Aggregationen dieser untereinander werden nicht die Eigenschaften der Krystalle zugeschrieben; Vogelsang nannte sie Krystallite mit einem Sammelnamen und fand sie bei seinen Versuchen mit Schwefel einfachbrechend, so lange ihre Elemente die Globulitenform bewahrten und also auch die complexeren Formen nicht über das Stadium eines Globulitenaggregates hinausgingen.

Bei hinreichender Beweglichkeit der Lösung, oder wie Vogelsang sich ausdrückte, „wenn die innere Molekularbewegung in den Globuliten den äusseren Widerstand des Canadabalsams noch genügend überwinden kann", erstarren die übersättigten Tropfen, resp. die Globulite nicht als solche, sondern nehmen im Augenblicke der Erstarrung die Form der rhombischen Schwefelpyramide an und ganz besonders beobachtet man diese Umwandlung, wenn zufolge der in der Lösung herrschenden Strömungen die Globulite

an normal gewachsene Schwefelkrystalle oder Wachsthumsformen herantreiben, mit denen sie zu mehraxigen Krystallskeletten verwachsen. Mit dem Verlust der Globulitenform und der Annahme geradflächiger Begrenzung ist regelmässig das Auftreten der Doppelbrechung verbunden. Vogelsang, welcher für die Fixirung des Krystallbegriffes in erster Linie die regelmässige polyëdrische Form betont, unterscheidet also die Krystallitenbildung und die Krystallbildung als zwei verschiedene Arten des Krystallisationsprocesses, die durch allmählige Uebergänge verbunden sind. Ob der eine oder der andere Vorgang sich in einer Lösung vollziehen wird, das ist nach seiner Auffassung abhängig von dem Verhältniss der molekularen Widerstandskräfte in der Lösung und der inneren Molekularbewegung in den Globuliten. Die Bildung der Globulite ist ihm aber die Vorbedingung für die Entstehung von Krystalliten und Krystallen. Zwischen beiden mitten inne würden dann die so ungeheuer mannichfachen, oft viel verzweigten Wachsthumsformen („gestrickte Formen", „Krystallskelette") stehen, denen die geschlossene Gestalt der eigentlichen Krystalle fehlt, in denen aber die Globulite nicht mehr als solche wahrnehmbar sind, denen daher auch, wenn sonst ihre Symmetrie-Verhältnisse es gestatten, Doppelbrechung eignet.

In den theoretischen Erörterungen, mit welchen Vogelsang seine Beobachtungen begleitet, versucht er eine Erklärung für die Bildung der Globulite nicht eigentlich und leitet die Bewegung und Anordnung der fertigen Globulite, ebenso wie ihre eventuelle Umformung zu integrirenden Theilen eines echten Krystalls von einer ihnen inne wohnenden Molekularbewegung (Krystallisationskraft) ab, welche sie befähigt, sich anzuziehen und sich regelmässig zu gruppiren. — O. Lehmann glaubt die Globulitenbildung durch die eigenthümlichen, mit der Temperatur und dem Mengenverhältniss der angewandten Stoffe variabeln, Gleichgewichtszustände erklären zu können, welche sich beim Mischen mehrerer Substanzen herstellen, und verweist auf die in einem Gemenge von Alkohol, Wasser und Oel je nach dem Mengenverhältniss dieser Stoffe eintretenden Zustände. Bei ein und derselben Temperatur sind nach dem procentischen Verhältniss zwei Gleichgewichtszustände möglich, entweder Alkohol mit Oel und wenig Wasser, oder Wasser mit Alkohol und wenig Oel; — besitzt das Gemenge weder die Zusammensetzung der einen noch der andern Mischung, so tritt durch Zerfall des Gemenges in Mischungen der einen und der andern Art Schichten-

bildung, Tröpfchenausscheidung, Globulitenbildung ein. Im Anfange wären demnach die Globuliten nicht einmal übersättigte Lösung, sondern sie würden dieses erst allmählig durch Verdunstung des Gemenges. Die Globulitenbewegung und ihre regellose Aggregation wird alsdann auf Strömungen zurückgeführt, welche in Folge capillarer Ausbreitung, oberflächlicher Verdunstung, capillarer Attraction auf der Oberfläche schwimmender Globulite und endlich Brown'scher Molekularbewegung entstehen. Auf diese Weise erklären sich die losen Globulitenaggregate, also das, was Vogelsang im eigentlichsten Sinne Krystallite nennt.

Wenn dagegen die Globulite durch die erwähnten Strömungen in den Bereich eines wachsenden Krystalls, in dessen Krystallisationshof, gerathen, so werden sie von diesem gerichtet, sie krystallisiren und hören auf Globulite zu sein. Ob durch ihr Herantreten an den Krystall dieser in ebenmässiger Weise sich vergrössere, oder zu einer vielverzweigten Wachsthumsform sich entwickle, das wird von den Wachsthumsbedingungen abhängen, welche oben erörtert wurden.

Die Versuche von H. Vogelsang und seinen Nachfolgern haben es ermöglicht, die den künstlichen Darstellungen überaus nahe verwandten Erscheinungen in den Gesteinen zu verstehen und zu erklären. Es sind natürlich die nicht zu holokrystalliner Entwicklung gelangten, mehr oder weniger basisreichen [1], porphyrischen Ergussgesteine, in denen solche Producte unvollkommener Krystallisation auftreten. Die Globulite (Taf. I Fig. 3), welche in den kieselsäurearmen Gesteinen gewöhnlich sehr tief gefärbt oder undurchsichtig, in den kieselsäurereichen in der Regel hell und durchsichtig erscheinen, treten auch hier bald in gleichmässiger Vertheilung, bald zu Margariten (Taf. I Fig. 4) aneinandergereiht auf. Statt der rundlichen oder scheibenförmigen Globulite oder neben ihnen trifft man dieselben Longulite, und das genauere Studium mancher Obsidiane und Vitrophyre lässt in unbegrenzter Mannichfaltigkeit alle denkbaren Zwischenformen zwischen den losen perlschnurartigen Margariten und Krystallnadeln wahrnehmen. Besonders häufig treten solche Formen auf, bei denen die eine Längsseite vollkommen geradlinig ist, während die andere einen gekerbten Verlauf nimmt. Die winzigen Einschnürungen auf dieser Seite deuten den Aufbau aus den unvollkommen verschmolzenen Globuliten deutlich an.

[1] Unter Basis — das Wort wurde von F. Zirkel in die Petrographie eingeführt — ist hier ein amorph (glasig) erstarrter Krystallisationsrückstand des Gesteins verstanden.

Die Anhäufung der Globulite zu regellos geballten oder mehr oder weniger regelmässig geordneten Gruppen ist vorwiegend, wenn nicht ausschliesslich auf die sauersten Silikatgesteine (Quarzporphyre und Liparite) beschränkt. Zumal die Vitrophyre der Gegend von Meissen und die Liparite aus der Umgebung von Schemnitz liefern ein vorzügliches Untersuchungsmaterial. Taf. II Fig. 2 giebt ein Bild der regellos geballten Globulitenmassen, die Vogelsang als Cumulite bezeichnet; weniger deutlich tritt wegen der unendlich winzigen Dimensionen dieser Gebilde eine radiale Anordnung der einzelnen Globulite in den Cumuliten hervor, wodurch die Globosphärite sich von den Cumuliten unterscheiden. Derartige Globosphärite, in denen also die Globulite sich zu radialgestellten Reihen ordnen, erhält man auch bei den Fundamentalversuchen Vogelsang's nicht selten. Da bei solchen Globosphäriten die Dichte stetig vom Centrum nach der Peripherie hin abnimmt, so bewirken sie in gewissen Fällen Interferenzerscheinungen im polarisirten Lichte, welche denjenigen der Sphärokrystalle ähnlich sind.

Beispiele axialer Anordnung von Globuliten sind aus den Gesteinen wohl kaum bekannt.

Ueberaus mannichfach sind dagegen die über das Stadium der Globuliten-Aggregate hinaus entwickelten, jedoch nicht zu vollkommener Formenausbildung gelangten krystallinen Gebilde, welche man als Wachsthumsformen zusammenfasst. Bei allem Wechsel der Erscheinung haben sie das gemein, dass sie nicht aus Elementarkörperchen (Globuliten) aufgebaut sind und dass sie die physikalischen Eigenschaften der Krystalle in oft erkennbarer Weise besitzen, oder doch aus ihrer Gestalt erschliessen lassen.

Sie mögen als mikrolithische Bildungen in ihren wichtigsten Formen kurz charakterisirt werden.

Als Trichite (θρίξ = Haar) bezeichnet man nach dem Vorgange Zirkel's haarförmige Krystalle von einer, ihrem Querschnitte gegenüber, sehr starken Längenentwicklung, welche mehr oder weniger nach einer oder mehreren Richtungen gewunden, auch wohl schlingenartig umgebogen, oder mehrfach geknickt sind. Die Trichite zeigen eine grosse Neigung, sich zu vielarmigen, von einem Centrum ausstrahlenden Gruppen zu vereinigen (Taf. I Fig. 5). Als Ansatzpunkt für solche Gruppen dient oft ein in der Lösung vorhandenes Krystallkorn. Wegen ihrer sehr geringen Breite wer-
¬ die Trichite selbst bei starken Vergrösserungen meistens nicht
hsichtig; dass dieser Mangel an Transparenz in der Form, dem

rundlichen Querschnitt mit sehr kleinem Radius, und dadurch bedingten totalen Reflexion hauptsächlich begründet ist, erkennt man daraus, dass bei etwas grösserer Dicke die Trichitenarme thatsächlich öfters durchsichtig werden. Immerhin scheinen in den sauren Gesteinsgläsern, welche mit Vorliebe Trichite führen, diese aus stark farbigen Molekularverbindungen (eisenreichen Silikaten etc.) vorwiegend zu bestehen. — Nicht selten lassen die gebogenen Trichite bei hinreichender Vergrösserung sich als aus mehreren geradlinigen Gliedern zusammengesetzt erkennen.

O. Lehmann, welcher vielfach die Trichitenbildung bei der Krystallisation organischer Verbindungen beobachtete, (cf. ausser den oben erwähnten Aufsätzen ferner von demselben Verfasser: Mikrokrystallographische Untersuchung des Triphenylmethans. Z. X. V. 472, 1881 und Ueber Trichitenbildung ibidem VIII. 451, 1884) fand, dass die gebogenen Trichite bei fernerem Wachsthum, zumal in die Dicke, sich plötzlich oft mit solcher Gewalt gerade strecken, dass sie dabei in Stücke zerspringen. Die Bildung trichitischer Krystalle erklärt Lehmann sinnreich dadurch, dass die Spitze eines wachsenden Krystalls, etwa in Folge einer Strömung in der übersättigten Mutterlauge, den Krystallisationshof durchbricht und ihm nun in der übersättigten Mutterlauge und durch die Strömung derselben so viel Stoff zugeführt wird, dass er sich sehr rasch in die Länge vergrössert, während die an seinen Seiten herabfliessende, der krystallisirbaren Verbindung beraubte Lösung jedes Wachsthum in die Dicke unmöglich macht. Die Krümmung der wachsenden Nadel ist bei der grossen Biegsamkeit derartiger Gebilde durch die Strömung zu erklären, in der sie wächst, und würde eventuell durch Vorhandensein einer Schiefendfläche bedeutend erleichtert werden.

Durch Gruppirung von Margariten um ein gemeinschaftliches Centrum können sehr trichitenähnliche Formen entstehen; der Unterschied gegenüber den echten Trichiten liegt in dem deutlichen Aufbau jedes Haares aus lose gereihten Globuliten. Uebergänge zwischen beiden, beziehungsweise Formen, welche schwer der einen oder andern Abtheilung mit Sicherheit zugeordnet werden können, entstehen durch mehr oder weniger vollkommen longulitische Verschmelzung der Globulite.

Dass auch Sprünge in einer mehr oder weniger glasigen Gesteinsmasse mit Trichiten verwechselt werden können, sei beiläufig erwähnt.

Eine den Trichiten morphologisch und nach O. Lehmann's Wahrnehmungen auch genetisch nahestehende Gruppe von Wachsthums-

formen bilden die Sphärokrystalle, welche einen grossen Theil der in den verschiedensten porphyrischen Gesteinen auftretenden echten Sphärolithe umfassen. Man versteht darunter homogene kuglige Krystallgebilde von radialfaseriger Structur mit bald rauher, bald mehr oder weniger glatter Oberfläche (Taf. II Fig. 1). Die einen Sphärokrystall zusammensetzenden Nadeln sind nicht immer einfache Krystallnadeln, sondern vielfach verzweigte Gebilde, die aus einer einfachen Nadel durch wiederholte Spaltung in zwei oder mehr, unter kleinen Winkeln divergirende Aeste entstehen, welche letztere sich ihrerseits in derselben Weise weiter gabeln. Die Gabelung einer wachsenden Krystallnadel zumal in zäher Lösung, und Zwischenformen zwischen Trichitengruppen und Sphärokrystallen wurden mehrfach bei der Krystallisation organischer Verbindungen von O. Lehmann beobachtet, der die Bildung der Sphärokrystalle analog derjenigen der Trichite zu erklären versucht. — Nur wenn die einen Sphärokrystall zusammensetzenden Krystallnadeln einen nicht zu unbedeutenden Querdurchmesser haben, pflegen sie ungegabelt zu bleiben. Man darf mit einiger Wahrscheinlichkeit für solche Formen einen langsameren und gleichmässigeren Verlauf des Krystallisationsprocesses annehmen; um so mehr so, als zwischen solchen Sphärokrystallen und knäuelartigen Verwachsungen grösserer Krystalle mannichfache Zwischenformen zu beobachten sind. Sphärokrystalle und knäuelartige Verwachsungen von grösseren Krystallen haben ferner die Eigenthümlichkeit gemein, dass sie sich gern an Krystalle und Krystallfragmente ihrer eigenen Art ansetzen.

Für die Uebergänge von Sphärokrystallen zu knäuelartigen Krystallgruppen dürften wenige Gesteine besseres Material liefern, als die Diabase, beziehungsweise ihre Porphyrite in variolitischer Ausbildungsform. Taf. III Fig. 1 zeigt dieselben bei den Feldspathen eines kaukasischen Trachytgesteins. — Während die Trichitenbildung in den Gesteinen im Allgemeinen auf die eisenreichen, basischeren Gemengtheile und damit auf relativ ältere Perioden in der Entwicklungsgeschichte eines Gesteins beschränkt zu sein scheint, wird man die Sphärolithbildung vorwiegend bei eisenfreien, saureren, feldspathigen oder feldspathähnlich zusammengesetzten Verbindungen und in den verhältnissmässig letzten Perioden der Gesteinsbildung antreffen.

Als Krystallskelette im engeren Sinne werden solche Krystallisationen bezeichnet, welche nicht zur Ausbildung eines einheitlichen und geschlossenen Individuums führten, sondern zu krystallographisch parallelen oder symmetrischen, durch ihre ganze Ausdeh-

nung hin einheitlich oder zwillingsartig geordneten Aggregaten kleiner Individuen. Taf. II Fig. 5 zeigt solche Krystallskelette am Magneteisen und Taf. II Fig. 6 am Augit. — Die Ursache der Bildung dieser Skelette liegt in dem oben erwähnten Wuchern der Ecken und Kanten eines wachsenden Krystalls, wobei jede Ecke oder Kante des ersten abnormen Fortsatzes wieder gegenüber einer Fläche desselben beim Wachsthum bevorzugt ist und also wieder Veranlassung zum Ansatz eines neuen Wachsthumzweiges werden kann. Ob die Wachsthumsaxen eines derartigen Skelettes den Krystallaxen der Substanz, oder den sogenannten Zwischenaxen, oder endlich irgend welchen andern krystallographischen Richtungen derselben entsprechen, das wird wesentlich von der speciellen Krystallform und Ausbildung der erst ausgeschiedenen Individuen abhängen. Durch spätere, bei langsamerem Wachsthum eintretende Ausfüllung der Interstitien eines solchen Skeletts mit homogener Krystallsubstanz werden solche Skelette zu mehr oder weniger dem einheitlich geschlossenen Krystall genäherten Wachsthumsformen, beziehungsweise zu vollkommen normal ausgebildeten Krystallen. Taf. II Fig. 4 zeigt eine solche Zwischenform zwischen Krystall und Krystallskelett am Olivin.

Mit dem Namen Mikrolithe (μικρος = klein, λιθος = Stein) endlich sollen ohne jede Rücksicht auf den Habitus der Krystallform und auf das optische Verhalten solche vollkommen oder doch annähernd vollkommen einheitlich begrenzte Krystalle bezeichnet werden, welche nur mikroskopisch direct wahrnehmbar sind und ihrer Art nach nicht mit voller Sicherheit bestimmt werden können*. Sind sie ihrer Art nach bestimmbar, so wird man sie mit dem Speciesnamen nennen und diesem einen den Habitus bezeichnenden Ausdruck anfügen, z. B. Plagioklasleistchen, Augitsäulchen, Glimmerblättchen, Perowskitoktaëderchen u. s. w. Da ein und dieselbe Mikrolithenart je nach der Projection, in welcher man die kleinen Individuen sieht, als Blättchen, Säulchen, Körnchen u. s. w. erscheinen können, so empfiehlt sich eine Benennung nach dem Habitus nur für den Fall, dass man aus den verschiedenen Erscheinungsformen derselben die eigentliche Körperform sicher ableiten kann.

* Ich selbst habe früher (Mikr. Phys. II. p. 74) nach dem Fehlen oder Vorhandensein wahrnehmbarer Elasticitätsdifferenzen zwischen Krystallit und Mikrolith unterschieden, glaube aber in folgerechter Weiterentwicklung meiner damaligen Ansichten diesen Unterschied fallen lassen zu sollen. — E. Cohen gebraucht die Bezeichnung Mikrolith für alle, bestimmbare und nicht bestimmbare, Kryställchen von so kleinen Dimensionen, dass sie in einem normalen Dünnschliff als Körper vorhanden sind.

So hat z. B. ZIRKEL die nadelförmigen Mikrolithe als Belonite. SCHRAUF tafelförmige als Mikroplakite u. s. w. bezeichnet. — Die Mikrolithe sind danach echte Krystalle und documentiren sich als solche durch ihre Form; ob sie das ihrer Symmetrie entsprechende physikalische Verhalten (etwa gegen Licht) wahrnehmen lassen oder nicht, das wird von ihrer Durchsichtigkeit, der Differenz ihrer Elasticitätsaxen und ihren Dimensionen abhängen und kann für die Begriffsfixirung nicht in Betracht kommen.

Ausser den besprochenen, sich aus den Entstehungsbedingungen der Krystallisationen ergebenden Formenanomalien macht uns das Mikroskop mit einer Anzahl weiterer Deformationen bekannt, die durch spätere, erst nach Vollendung des Krystalls eintretende, also auf das fertige Individuum wirkende, mechanische und chemische Processe bedingt werden.

Zu den mechanischen Deformationen der Krystalle in Gesteinen gehören die in den porphyrischen Felsarten so häufigen Knickungen und Zerbrechungen der älteren Ausscheidungen, der sogenannten Einsprenglinge. Der der Bruchfläche entsprechende Theil des Krystallumrisses ist daran kenntlich, dass er einen unregelmässigen, krummen oder zackigen Verlauf nimmt, welcher in keinerlei Beziehung zur Krystallform der Substanz steht. Oft sieht man in einem Präparat nur die eine Hälfte des zerbrochenen Individuums; in glücklichen Fällen finden sich beide Hälften, oder bei weitergehender Zerbrechung alle Bruchstücke in dem Schliff in kleinerer oder grösserer Entfernung von einander und man kann sich dann leicht durch den Augenschein von dem Zusammenpassen der Bruchränder überzeugen. Es liegt in der Natur der Sache, dass diese Zerbrechungen mit Vorliebe an säulenförmigen (Hornblende, Augit etc.) und tafelförmigen Krystallen (Feldspath) auftreten und ebenso, dass die Bruchflächen annähernd senkrecht zur Längsrichtung oder Tafelfläche liegen. Weit seltener zeigen nach allen Richtungen gleich ausgebildete Krystalle (Quarz, Olivin etc.) derartige Zerbrechungen. Ebenso ist es leicht verständlich, dass biegsame Mineralien, wie Glimmerblättchen, anstatt der Zerbrechungen Verbiegung zeigen. Taf. III Fig. 2 stellt einen zerbrochenen Feldspathkrystall, Taf. III Fig. 3 verbogenen Glimmer dar. Die Ursache dieser Deformationen ist mit grosser Sicherheit in der Bewegung der nach Ausscheidung der Krystalle noch flüssigen Eruptivmasse zu sehen, welche fest an den schwimmenden Einsprenglingen adhärirte.

Eine andere Gruppe durch mechanische Vorgänge bedingter Deformationen von Gesteinsgemengtheilen wird besonders in stark gefalteten und gehobenen Gebirgen angetroffen und ist offenbar durch die dynamischen Vorgänge bei der Gebirgsbildung veranlasst. Die Folge des Umstandes, dass diese Deformationen sich unter allseitigem Druck im festen Gestein vollzogen, ist es, dass sich dieselben im Allgemeinen nicht durch eine starke Veränderung der äusseren Begrenzung, sondern mehr durch eine innere Verschiebung der Theile eines Krystalls gegen einander kundgeben. Man nimmt diese Deformationen daher oft erst im polarisirten Lichte an der mehr oder weniger abweichenden optischen Orientirung der Krystalltheile wahr. Aus der grossen Mannichfaltigkeit der einschlägigen Phänomene seien nur einige wenige, durch ihre Häufigkeit wichtige Erscheinungen hervorgehoben. Dahin gehören z. B. die Biegungen der Zwillingslamellen in den triklinen Feldspathen (Taf. IV Fig. 3), welche, sobald die Elasticitätsgrenze überschritten ist, in mikroskopische Verwerfungen derselben gegen einander übergehen; — Feldspath und Quarz zeigen oft eine in den einzelnen Theilen der Krystalle sich stetig ändernde Lage der Elasticitätsaxen, die sich bei Drehung zwischen gekreuzten Nicols durch die schattenartig über den Durchschnitt hinhuschende Auslöschung kundgiebt. Bei noch stärkerem Druck werden die Krystalle in sich selbst mehr oder weniger zertrümmert (Taf. III Fig. 4 u. 5) und es können dann auch durch die Gesteinsauswalzung die Krystallumrisse mehr oder weniger, ja vollkommen verwischt werden (Taf. III. Fig. 6 u. IV Fig. 1). Es ist mehr als wahrscheinlich, dass die sogenannte Mörtelstructur mancher krystalliner Schiefer durch derartige Vorgänge, welche eine randliche Zerreibung grösserer Individuen bewirkten, bedingt ist. Für die Lehre von der mechanischen Umformung der Gesteine, zumal für das viel discutirte Capitel über Biegung mit Bruch oder Biegung ohne Bruch ist die Thatsache sehr wichtig, dass nicht nur die biegsamen Gesteinselemente (Glimmer), sondern auch die spröden, wie Quarz, bruchlose Deformationen in vielen Fällen erkennen lassen. Eine in Gesteinen, welche starke Pressung erfuhren, gar oft zu machende Beobachtung ist es, dass die in normalem Zustande einaxigen Gemengtheile optisch zweiaxig werden. — Ebenso dürfte hierher das natürliche Auftreten der Druckfiguren in den Glimmerblättern so mancher Gesteine zu rechnen sein (Taf. IV Fig. 2). — Die Einzelheiten dieser Erscheinungen und ihre Discussion müssen ihren Platz in der Gesteinslehre bei dem Capitel von der

dynamischen Gesteinsmetamorphose finden. Es bedarf nicht der Erwähnung, dass die letzt besprochenen mechanischen Deformationen sowohl in massigen, wie geschichteten Gesteinen auftreten können, wenn sie dem gefalteten Gebirge angehören.

Chemische Deformationen sind an den älteren Einsprenglingen porphyrischer Eruptivgesteine in mehrfacher Ausbildungsform wahrnehmbar. Es liegt im Krystallbegriff und in den Verhältnissen, unter denen die Einsprenglinge entstanden, dass sie gesetzmässige Krystallumrisse besitzen müssen: es sind eben schwebende Krystallisationen gewesen. Wo daher die normale äussere Begrenzung fehlt, muss sie durch secundäre Einwirkungen verloren gegangen sein. Da nun die Bildung dieser Einsprenglinge einem frühen Stadium der Gesteinsgeschichte angehört, und nach den Gesetzen verläuft, welche für Krystallisationen aus gemischten Lösungen gelten, so ist es zunächst vorstellbar, dass bei Aenderungen im chemischen Bestande oder in dem physikalischen Zustande der Mutterlaugen (Gesteinsmagmen) die älteren Ausscheidungen nicht mehr bestandfähig sind, sondern sich wieder auflösen müssen, um anderen Krystallisationen Platz zu machen. Es werden diese älteren Ausscheidungen alsdann abschmelzen und aus scharfkantigen Krystallen werden runde Körner, wenn der Process der Resorption früh genug durch abermalige Aenderungen im Magma, oder durch Erstarren desselben vor vollständiger Auflösung unterbrochen wird. Zumal in den früheren Stadien dieser Wiederauflösung älterer Einsprenglinge nehmen dieselben oft höchst auffallende und bizarre Formen an. Eine merkwürdige Erscheinung, die noch nicht mit voller Sicherheit erklärt werden kann, ist es, dass diese Abschmelzungen, Corrosionen, in den ersten Stadien so oft einseitige sind, wie Taf. IV Fig. 4 am Quarz, Taf. IV Fig. 5 am Nosean wahrnehmen lässt. Der Olivin der Basalte und verwandter Gesteine, der Nosean der Phonolithe, der Quarz der porphyrischen Gesteine zeigen besonders gern derartige Deformationen.

Wird die durch die Magmen corrodirte und gelöste Krystallsubstanz sofort zu krystallinen Neubildungen verwandt, wie das so oft bei den Glimmern und Amphibolen der Eruptivgesteine der Fall ist, dann entstehen keine eigentlich deformirten Krystalle, sondern vom Rande her nach innen wachsende Pseudomorphosen nach den sich lösenden Einsprenglingen, die an anderer Stelle ihre Besprechung finden werden.

b. Innere in der Homogeneität.

Literatur.

David Brewster, On the existence of two new fluids ect. Transactions of the Royal Society of Edinb. T. X. 1, Auszug daraus Edinb. Phil. Journ. vol. IX. 94 u. 268. — Sehr vollständiger Auszug, z. Th. Uebersetzung in Pogg. Ann. VII. 1826. 469, und zahlreiche andere Aufsätze desselben Verfassers, welche im Literaturnachweis am Schlusse dieses Buches aufgeführt sind.

Humphrey Davy, On the state of water and aëriform matter in cavities, found in certain crystals. Philos. Transactions 1822, in französischer Uebersetzung in Annales de chimie et de phys. T. XXI. 1822. 132.

Th. Erhard und Alfr. Stelzner, Ein Beitrag zur Kenntniss der Flüssigkeitseinschlüsse im Topas. T. M. P. M. I. 1878. 450—458.

C. W. Gümbel, Ueber die mit einer Flüssigkeit erfüllten Chalcedonmandeln (Enhydros) von Uruguay. S. M. A. 1880. II. Math.-phys. Classe. 241—254.

— Nachträge zu den Mittheilungen über die Wassersteine (Enhydros) von Uruguay und über einige süd- und mittelamerikanische sog. Andesite. Ibidem 1881. I. 321—368.

W. N. Hartley, On the presence of liquid carbonic dioxide in mineral cavities. Journal of the chimical Society. London. 1876. I. 137—143.

— On variations in the critical point of carbon dioxide in minerals and deductions from these and other parts. Ibidem 1876. II. 237—250.

— Observations on fluid cavities. Ibidem 1877. I. 241—249.

— On attraction and repulsion of bubbles by heat. Proceed. Roy. Soc. XXVI. 137. 1878.

— On the constant vibration of minute bubbles. Ibidem XXVI. 150. 1878.

G. W. Hawes, On liquid carbon dioxide in smoky quartz. Amer. Journ. 1881. XXI. 203—209.

Al. A. Julien, On the examination of carbon dioxide in the fluid cavities of Topaz. Journ. of the Amer. chem. Soc. III.

W. Prinz, Les enclaves du saphir, du rubis et du spinelle. Ann. de la Soc. belg. de microscopie. 1882.

H. Cl. Sorby, On the microscopical structure of crystals etc. Quart. Journ. of the geol. Soc. London 1858. Nov. vol. XIV. 453—500 und andere Arbeiten desselben Verfassers, cf. Literaturnachweis.

H. Vogelsang und Geissler, Ueber die Natur der Flüssigkeitseinschlüsse in gewissen Mineralien. Pogg. Ann. vol. CXXXVII. 1869. 56 und Nachtrag zu dieser Abhandlung von Vogelsang. Ibidem 257.

Arth. W. Wright, On the gaseous substances contained in the smoky quartz of Branchville, Conn. Amer. Journ. 1881. XXI. 209—216.

Begrifflich steht dem Krystall ununterbrochene Continuität der Raumerfüllung und volle Homogeneität der Substanz zu; beide Attribute finden sich in der Natur meistens nur in beschränkter Weise verwirklicht. Dadurch dass das Wachsthum eines Krystalls aus seiner Lösung nicht immer ein einheitlich und ohne Pause verlaufender Act ist, sondern von kürzeren und längeren Intervallen

des Wachsthumsstillstandes unterbrochen wird, entwickelt sich ein schaliger Bau, welcher in den Krystalldurchschnitten die Erscheinung der zonaren Structur bedingt. In besonderer Schönheit zeigen oft die mikroskopischen Zirkone in den verschiedensten Gesteinen, sowie die Feldspathe zumal der Trachyte und Andesite, die Nepheline und Leucite der basischeren Laven (Taf. IV Fig. 6) diesen Aufbau aus concentrischen Schalen von solcher Zartheit, dass ihre Durchschnitte den Eindruck machen, als blicke man in einen polygonalen, sich sehr allmählig verjüngenden Trichter. Sehr häufig liegen auf den Grenzen successiver Schalen fremde Körper, die später als Interpositionen ihre Besprechung finden werden, und bringen die zonare Structur zu deutlicherem Ausdruck; oft aber fehlt auch jede fremde Substanz zwischen den Schalen selbst bei stärkster Vergrösserung und dennoch können die Schalen nicht in unmittelbarem Contact sein, weil sie sonst eben nicht als solche wahrnehmbar wären.

Wo die schaligen Individuen solchen Mineralarten angehören, in denen man isomorphe Mischungen mehrerer Molekulargruppen zu sehen hat (Granat, Turmalin, Pyroxen, Amphibol, Glimmer etc.), da bestehen die successiven Schalen vielfach aus chemisch verschiedenen Verbindungen. Es ist das ein specieller Fall dieses Schalenbaus, den Tschermak sehr bezeichnend mit dem Namen isomorphe Schichtung belegt hat. Sind die isomorph geschichteten Verbindungen farbig, so erkennt man die abweichende Zusammensetzung nicht selten an der verschiedenen Farbe der einzelnen Zonen, wie die Fig. 1 und 2, Taf. V am Melanit und basaltischen Augit erkennen lassen.

Welches die Form der einzelnen Schalen sei, das hängt natürlich von der Wachsthumsweise der Krystalle ab; je nachdem das Wachsthum nach einer den Raum allseitig umschliessenden Krystallform (Pyramide), nach einer einseitig offenen Form (Prisma etc.) oder nur nach einem Flächenpaare fortschreitet, wird die zonare Structur durch concentrische geschlossene Polygone oder nur durch parallele Liniensysteme im Durchschnitt zur Erscheinung kommen. Im Allgemeinen pflegt die Wachsthumsweise bei einem und demselben Mineral in einem Gesteine constant zu sein; doch findet man auch wohl mehrere Wachsthumsrichtungen neben einander ausgebildet, so z. B. bei dunklem Glimmer theils nach der Hauptspaltfläche, theils nach den Seitenflächen. — Hierher sind auch die Fälle zu rechnen, wo ursprüngliche Wachsthumsformen

und Krystallskelette durch späteren Zutritt chemisch verschiedener, aber isomorpher Substanz zu einheitlichen Individuen auswuchsen, eine Erscheinung, welche die Augite gewisser basischer Eruptivgesteine besonders oft wahrnehmen lassen. Taf. IV Fig. 3 zeigt einen derartigen Durchschnitt mit Sanduhr-ähnlicher Abgrenzung der ursprünglichen Wachsthumsform gegen die spätere stoffliche Ausfüllungssubstanz.

Die Linien der zonaren Structur sind in der Regel den Umrissen der Krystalle, oder gewissen ihrer Umrisslinien parallel; man kann daher, wenn die äussere Krystallform durch Wiederauflösungsprocesse zerstört wurde, dieselbe mit einiger Wahrscheinlichkeit aus der zonaren Structur ableiten. Jedoch fehlt es auch nicht an Fällen, in denen dieser Parallelismus nicht vorhanden ist, sondern die zonare Structur zu einer andern Krystallform führt, als die Begrenzung des Individuums erkennen lässt. Das sind natürlich Analoga zu den makroskopischen parallelen Verwachsungen von verschieden gestalteten Fluorit- und Calcit-Individuen und sie erklären sich, wie diese aus Veränderungen physikalischer oder chemischer Natur in der Lösung, welche zwischen den beiden Wachsthumsabschnitten eintraten.

Da das optische Verhalten einer Substanz, von Druck und Temperatur abgesehen, eine Funktion ihrer molekularen Zusammensetzung ist, so begreift es sich, dass in den einzelnen Schalen von Krystallen mit isomorpher Schichtung der Werth und die Lage der Elasticitätsaxen, sowie der optischen Axen und das pleochroitische Verhalten ein verschiedenes sein kann. Beispiele hierfür wird der specielle Theil dieses Buches in grosser Anzahl darbieten.

Wenn die oben besprochenen Erscheinungen darthun, dass die Krystalle in vielen Fällen der Forderung einer absoluten Homogeneität, d. h. der physikalischen und chemischen Gleichwerthigkeit aller ihrer Theilchen nicht genügen, so kann man eine andere Gruppe von Erscheinungen als Discontinuitäten der Krystallsubstanz bezeichnen. Dieselben beruhen sämmtlich darauf, dass der von dem Krystall eingenommene Raum nicht allenthalben von Krystallsubstanz, sondern zum Theil von fremden, der eigentlichen Krystallsubstanz nur mechanisch beigemengten Körpern erfüllt wird. Man fasst alle diese der Krystallsubstanz fremden Körper unter der Bezeichnung Einschlüsse oder Interpositionen zusammen, und kann bei denselben, je nachdem der Einschluss aus einer amorphen Substanz irgend welchen Aggregatzustandes oder seinerseits wieder aus krystallisirten Körpern besteht, zwischen nicht indi-

vidualisirten Einschlüssen und individualisirten Einschlüssen unterscheiden. Die ersteren bilden sich dadurch, dass der wachsende Krystall Theilchen seiner Mutterlauge oder in dieser enthaltene Gase und Flüssigkeiten in sich aufnimmt, die zweiten entstehen durch die Einhüllung in der Mutterlauge präexistenter oder sich zugleich mit dem wachsenden Krystall ausscheidender Krystallisationen. Die Erfahrung bei künstlichen Krystallbildungen hat gezeigt, dass Interpositionen um so reichlicher von einem wachsenden Krystall aufgenommen werden, je rascher das Wachsthum fortschreitet.

Je nach dem Aggregatzustande der nicht individualisirten Einschlüsse pflegt man zwischen Gaseinschlüssen, Flüssigkeitseinschlüssen und Glaseinschlüssen zu unterscheiden.

Die Gaseinschlüsse werden in wenig passender Weise wohl auch Gas- und Luftporen genannt. Sorby, welcher sich zuerst eingehend mit dem wissenschaftlichen Studium dieser Erscheinungen beschäftigte, beschreibt sie unter dem Namen gas and vapour cavities (cf. l. c.), und nach seinem Vorgange hat sich die deutsche Uebersetzung des Namens eingebürgert. Für die Erkennung von Luft-, Gas- und Dampfporen ist man wesentlich auf ihre äussere Erscheinung angewiesen. Wegen des grossen Unterschiedes im Brechungsvermögen der festen und gasförmigen Körper müssen natürlich die genannten Einschlüsse in reflectirtem Lichte glänzend, im durchgehenden als ein kleiner heller Fleck mit starkem dunklem Rande erscheinen, so lange sie rundum von fester Masse umgeben sind, und nicht etwa durch den Schliff geöffnet wurden (Taf. V Fig. 4). Diese Erscheinung, welche eine Folge der Totalreflection der einfallenden Strahlen ist, kann man an jedem Gasbläschen, welches in Sodawasser, Champagner u. s. w. aufsteigt, noch besser aber an den Bläschen studiren, welche oft so höchst unerwünscht sich in dem erkalteten Canadabalsam der Präparate finden.

Die Form solcher Gaseinschlüsse ist eine sehr wechselnde, doch walten rundliche und elliptische Gestalten vor, neben denen unregelmässig verzerrte, schlauchförmige, verästelte und andere Formen auftreten. Weniger häufig erscheinen dieselben als gewissermassen negative Krystallräume, d. h. mit einer polygonalen Umgrenzung, welche der Form ihres Wirthes* entspricht. Selten

* Es möge erlaubt sein, der Kürze des Ausdrucks wegen, der Zoologie den terminus „Wirth" zu entlehnen, um das Mineral zu bezeichnen, welches fremde „Gäste" umschliesst.

treten Gasporen vereinzelt auf, meistens finden sie sich gruppenweise in Reihen und auf Flächen, willkürlichen Richtungen folgend, durch die Mineralsubstanz zerstreut; und solche Einschlussreihen und Gruppen stellen sich dann bei schwachen Vergrösserungen als eine wolkige locale Trübung des Minerales dar.

Krystallinische Ausscheidungen können aus wässriger und schmelzflüssiger Lösung oder aus Sublimationen stattfinden, und bei allen drei Arten der Entstehung können sie Gasporen enthalten. Die Bildung derselben bei sublimirten Krystallen bedarf keiner weiteren Begründung. Da bekanntlich Wasser bei verschiedenen Temperaturen von verschiedenen Gasen wechselnde Mengen absorbiren kann, so ist damit der Einschluss von primären Gaseinschlüssen bei krystallinischen Ausscheidungen auch hier nahe gelegt, und Sorby schon erinnert treffend an die Luftporen im Eise selbst. Gaseinschlüsse können aber auch gewissermaassen secundär in hydatogenen Krystallen auftreten, wenn ursprüngliche Flüssigkeitseinschlüsse verdunsten, wie dieses zumal bei Mineralien mit sehr vollkommener Spaltung nicht selten ist. Sorby beobachtete solche secundäre Gaseinschlüsse am künstlichen Alaun. An natürlichen Krystallen zeigt sie das Steinsalz nicht selten, und zwar als negative Krystalle von cubischen Formen; als Beispiel für den Einschluss primärer Gasporen kann man ebenfalls das Steinsalz (Knistersalz von Wieliczka) nennen. — Die hohe Lösungsfähigkeit der Schmelzflüsse für Gase ist eine constatirte Thatsache; sobald aber Abkühlung und damit verbundene Erstarrung eintritt, müssen die gelösten Gase ausgeschieden werden (daher das „Spratzen" des Silbers, die poröse Structur der Laven etc.), und so erklärt sich die Anwesenheit der Gasporen sowohl in glasig erstarrten Flüssen, wie Obsidian, als auch in pyrogenen Mineralien, wie Nephelin und anderen. Sehr schön zeigen sie die Feldspathe mancher javanischen Augit-Andesite, wo sie oft als negative Krystalle von der Form $\infty P\bar{\infty}$ (010) . oP (001) . $P\bar{\infty}$ ($\bar{1}01$) erscheinen.

Ueber die chemische Natur der solche Hohlräume erfüllenden Gase oder darüber, ob dieselben überhaupt stets mit Gasen erfüllt, und nicht, natürlich wohl nur bei glasigen Körpern, blosse Contractionserscheinungen sind, haben wir kaum sichere und unumstössliche Kenntnisse. Ob überhaupt und mit welchen Gasen die Hohlräume erfüllt sind, das wird zunächst von der Permeabilität oder Impermeabilität der Porenwandungen abhängen. Sir Humphrey Davy (l. c.) machte dahin einschlägige Untersuchungen

unter der Luftpumpe, aber nur an solchen Einschlüssen, die Flüssigkeit und Gase enthielten. Er fand die Wandungen impermeabel selbst für Gase am Amethyst von Schemnitz, dagegen stets permeabel beim Calcit; in Folge davon ergab es sich, dass im letzteren Mineral die eingeschlossenen Gase identisch mit der atmosphärischen Luft waren, und auch genau die Dichte derselben hatten. Bei Bergkrystall und Chalcedon dagegen mit impermeablen Wandungen waren die Verhältnisse ganz andere; ihre Besprechung wird bei einer späteren Gelegenheit erfolgen.

Besitzen die in solchen Poren eingeschlossenen Gase eine gewisse Spannkraft, oder besassen sie dieselbe zur Zeit ihrer Einschliessung, als ihren Wirthen z. Th. noch eine gewisse Plasticität der Substanz zukam, wie bei Gläsern und andern amorphen Körpern, so kann durch den von ihnen ausgeübten Druck eine molekulare Spannung in der festen Substanz erzeugt werden, die zu Erscheinungen der Doppelbrechung führen kann, wie sie amorphen Körpern sonst nicht zukommt, wie man dieselben aber bekanntlich auch durch Anwendung äusseren Druckes auf Gläser künstlich nachahmen kann. Ja man beobachtet, dass auch bei krystallinischer Erstarrung des Wirthes eine ähnliche Störung der normalen optischen Eigenschaften durch eingeschlossene Gase entstehen kann. Besonders David Brewster verdankt die Wissenschaft eine Reihe höchst interessanter Untersuchungen über diese Beziehungen von optischen Anomalien und eingeschlossenen Gasen.

Die Flüssigkeitseinschlüsse treten ebenso wie die Gaseinschlüsse gern in zahlreicher Vergesellschaftung auf, und sind wie diese gern in Zügen und auf Flächen geordnet, welche bald regellos die Krystalle durchsetzen, bald mehr oder weniger genau krystallographischen Richtungen entsprechen. Die Form der Flüssigkeitseinschlüsse ist eine äusserst wechselnde. Neben den am häufigsten vertretenen runden und ellipsoidischen finden sich cylindrische, keulenförmige, birnförmige, ganz unregelmässige und oft vielverzweigte Gestalten; nicht selten tritt auch bei ihnen eine geradflächig polyëdrische Abgrenzung auf, welche dann durch Krystallformen ihres Wirthes gegeben wird. So sind die Flüssigkeitseinschlüsse im Steinsalz cubisch, im Calcit oft rhomboëdrisch, im Quarz dihexaëdrisch u. s. w. (Taf. V Fig. 5). Die Dimensionen derselben wechseln in sehr weiten Grenzen, so dass in demselben Krystall neben mit unbewaffnetem Auge erkennbaren Flüssigkeitseinschlüssen sich solche finden, die man auch bei recht starken

Vergrösserungen nur als eine wolkige Trübung der Mineralsubstanz wahrnimmt. Doch glaubt Sorby bei künstlichen Krystallisationen beobachtet zu haben, dass ihre Zahl im geraden, ihre Grösse im umgekehrten Verhältniss zur Wachsthumsgeschwindigkeit stehe.

Da der Brechungsexponent der Flüssigkeiten weniger von demjenigen fester Körper abweicht, als der von Gasen, so muss bei Flüssigkeitseinschlüssen im Allgemeinen der durch Totalreflexion der randlich einfallenden Lichtstrahlen bedingte dunkle Grenzrand weniger breit sein, als bei Gaseinschlüssen. Nun ist aber einmal der Brechungsexponent der in Mineralien als Einschluss vorkommenden Flüssigkeiten und ebenso derjenige ihrer Wirthe ein sehr verschiedener, andererseits hängt die Breite des dunklen Randes nicht nur von dem Verhältniss der Brechungsexponenten des Wirthes und seines Einschlusses, sondern auch von der Form des letzteren ab. Daher kann leicht der dunkle Rand eines Flüssigkeitseinschlusses, dessen Grenzflächen stark gegen die Sehlinie geneigt sind, ebenso breit erscheinen als derjenige eines flachen Gaseinschlusses und die Unterscheidung nach diesem Kennzeichen ist keine absolut sichere.

Die Flüssigkeiten erfüllen den Raum, in welchem sie sich befinden bald ganz, bald nur zum Theil, wie dieses Fig. 5 Taf. V zeigt. Im letzteren Falle ist das Aussehen ein verschiedenes je nach dem Grössenverhältniss zwischen Flüssigkeit und Einschlussraum; ist so viel Flüssigkeit vorhanden, dass sie den Raum zum grösseren Theile ausfüllt, so wird der Rest von dem Dampfe der Flüssigkeit oder einem andern Gase in Form eines runden Bläschens eingenommen werden, welches als Libelle bezeichnet werden soll. Es grenzt sich dann diese Libelle gegen die Flüssigkeit mit einem breiten, die Flüssigkeit gegen den Krystall mit einem schmalen dunklen Rande in Folge der totalen Reflexion ab. Wenn dagegen das Flüssigkeitsvolum im Verhältniss zum Einschlussraum ein kleines ist und überdiess die Flüssigkeit die Krystallsubstanz nicht netzt (Taf. VI Fig. 2), so wird die Flüssigkeit Tropfenform annehmen und von einer Hülle ihres Dampfes oder eines andern Gases umgeben sein. Es bildet also dann scheinbar die Flüssigkeit eine Libelle, welche sich nach aussen durch einen dunklen Rand gegen die Dampfhülle abgrenzt; diese ihrerseits ist dann auch gegen die Krystallsubstanz breit dunkel umrandet. Das Auftreten der Libellen schliesst natürlich mit Sicherheit die Verwechslung von Flüssigkeits- und Gaseinschlüssen aus.

Es ist nicht wohl vorstellbar, dass bei der Bildung eines Flüssigkeitseinschlusses die eingeschlossene Substanz den Einschlussraum nicht vollständig erfüllt habe. Die Existenz von Libellen in Flüssigkeitseinschlüssen deutet demnach darauf hin, dass die Flüssigkeit nach Vollendung des Einschlusses eine Contraction durch Temperaturerniedrigung erfahren habe, oder dass die Flüssigkeit nicht als solche, sondern in Dampfform aufgenommen wurde, und sich erst später durch Abkühlung condensirte, oder endlich es muss Flüssigkeit und Dampf oder Gas zugleich aufgenommen worden sein. Alle diese drei Möglichkeiten scheinen thatsächlich in der Natur vorzukommen. Den ersten Fall, ursprüngliche Ausfüllung des Einschlussraumes durch Flüssigkeit würde man daran erkennen können, dass das Volumverhältniss von Flüssigkeit und Libelle in den Interpositionen eines und desselben Krystalls ein constantes sein müsste — eine bei den natürlichen Vorkommnissen jedenfalls sehr seltene Erscheinung. Der zweite und dritte Fall würden gemeinschaftlich durch das (in der Natur meistens sehr starke) Schwanken in dem Volumverhältniss von Fluidum und Libelle charakterisirt sein; eine Unterscheidung der beiden Fälle scheint mit Rücksicht auf den kritischen Punkt der Flüssigkeiten nicht thunlich, denn bei einer Temperatur oberhalb dieses würde der ganze Einschlussraum mit Gas erfüllt sein, einerlei ob der Inhalt ganz als solcher, oder z. Th. als Fluidum ursprünglich aufgenommen wurde.

Die in Krystallen eingeschlossenen Flüssigkeiten sind fast stets wasserhell; selten beobachtet man eine gelbliche, ausnahmsweise eine rothgelbe (orange) Färbung; dabei ist abgesehen von den klebrigen Einschlüssen erdölartiger Substanzen.

Die in den Flüssigkeitseinschlüssen vorkommenden Libellen zeigen sehr oft eine spontane Bewegung, indem sie bald langsam pendelartig hin und her schwanken, bald in lebhaftem Tanze und wechselnder Richtung durch die Flüssigkeit dahineilen. Man muss bei der Schätzung der Bewegungsgeschwindigkeit nicht vergessen, dass man bei mikroskopischer Beobachtung den von der Libelle durchlaufenen Weg in demselben Massstabe vergrössert, wie den Durchmesser der Libelle selbst. Diese Beweglichkeit pflegt um so grösser zu sein, je kleiner die Libelle ist; grosse Libellen pflegen stationär zu sein. Es gelingt leicht, diese Bewegung bei kleinen Libellen künstlich hervorzubringen, wenn sie nicht vorhanden ist, indem man dem Einschlusse einseitig durch Annäherung eines an seinem Ende erhitzten Glasstabes oder durch Daraufblasen eines

erhitzten Luftstromes aus einer feinen Glasröhre Wärme zuführt. Ueber die Glasröhre schiebt man an geeigneter Stelle einen passenden Metallcylinder, welcher erhitzt wird und verbindet das andere Ende mit einem kleinen Gummiballon, durch dessen Druck man die Luft durch die vermittelst des Metallcylinders geheizte Glasröhre treibt Grosse Libellen sind auf diese Weise nur ausnahmsweise in Bewegung zu setzen; sobald aber durch hinreichende Erhitzung und dadurch bedingte Expansion der Flüssigkeit die Libelle auf die geeignete Grösse reducirt ist, wird auch hier die Bewegung eintreten. Dabei macht man die eigenthümliche Wahrnehmung, dass die Libelle von der Wärmequelle in manchen Fällen angezogen, in andern Fällen dagegen abgestossen wird. Man kann an geeigneten Libellen den Versuch in beliebiger Reihenfolge rasch hintereinander und stets mit dem gleichen Resultate wiederholen, so lange die angewandten Temperaturen nicht zu sehr variiren. Durch die einseitige Wärmezufuhr wird einmal die Oberflächenspannung der Flüssigkeit auf der erwärmten Seite des Einschlusses, der als Capillarröhre zu denken ist, verringert und dadurch die Libelle der Wärmequelle zugetrieben; andererseits wird auf der erwärmten Seite ein Theil des in der Flüssigkeit gelösten Gases frei, dadurch die Oberflächenspannung erhöht und also die Libelle von der Wärmequelle fortgetrieben. Der relative Werth dieser beiden Erscheinungen, der mit der Temperatur sich ändern kann, wird es bedingen, ob Anziehung oder Abstossung der Libelle resultiren wird. — Es ist zumal durch die Versuche des allzufrüh dem Dienst der Wissenschaft entrissenen G. W. Hawes überaus wahrscheinlich gemacht worden, dass die spontane Bewegung der Libellen in den Flüssigkeiten, über deren Ursache man sehr verschiedene Vermuthungen aufgestellt hat, ebenfalls durch stete Temperaturschwankungen bedingt ist und dass sie aufhören würde, wenn man die Temperatur in dem Präparat auf dem Mikroskoptisch allenthalben gleich und constant machen könnte. Dass auf die Art und Geschwindigkeit der Libellenbewegung übrigens auch der mehr oder weniger viscose Zustand der Fluida und der Verlauf der Einschlusswandungen von grossem Einfluss sein muss, liegt auf der Hand.

Die Beweglichkeit der Libellen ist ein vollgültiger Beweis für den flüssigen Aggregatzustand der Einschlüsse, in denen sie auftreten und bildet ein wichtiges Distinctiv gegenüber den später zu besprechenden Glas- und Schlackeneinschlüssen.

Dass alle in Mineralien auftretenden Flüssigkeitseinschlüsse

primäre seien, ist nicht anzunehmen; vielmehr ist es von vornherein vorstellbar, dass ursprüngliche Gaseinschlüsse oder durch chemische Einwirkungen secundär entstandene Hohlräume von capillaren Spalten her mit Flüssigkeit injicirt wurden. In diesem Falle wird es thunlich sein, die eingedrungene Flüssigkeit durch Erwärmung wieder auf denselben Spalten entweichen zu lassen; doch wäre das gleiche Verhalten auch bei ursprünglichen Flüssigkeiten in Krystallen mit vollkommener Spaltbarkeit zu erwarten. — Auf den durch Druck bei der Gebirgsfaltung entstandenen Capillarräumen in den Mineralien ist sehr oft Flüssigkeit eingedrungen.

Die Versuche, die Natur der in Mineralien vorkommenden Fluida und Gase zu bestimmen, gehen bis auf Humphrey Davy (1822) zurück. Derselbe wandte rein chemische Methoden an und bohrte die nach ihrem Volum thunlichst gemessenen und auf ihren Wirthen abgezeichneten, natürlich sehr makroskopischen Flüssigkeitseinschlüsse mit Diamant unter einer Absperrungsflüssigkeit an. Solche Hohlräume in Bergkrystallen von Schemnitz (Amethyst), Guanaxuato (?) und in Chalcedonen aus pyrogenen Gesteinen, deren Wände sich als impermeabel unter der Luftpumpe erwiesen hatten, wurden theils unter Oel, theils unter destillirtem Wasser, theils unter Quecksilber geöffnet. Stets stürzte bei Oeffnung des Einschlusses die Sperrflüssigkeit energisch in denselben und die Libelle wurde auf den $^1/_8$—$^1/_{10}$ Theil ihres ursprünglichen Volumens verdichtet; ja bei einigen Chalcedonen hatte das eingeschlossene Gas nur den 60sten bis 70sten Theil der Dichte der atmosphärischen Luft. Das Gas schien stets Stickstoff zu sein, der nach Davy's Annahme von eingeschlossener atmosphärischer Luft herrühren konnte, deren Sauerstoff von der Flüssigkeit absorbirt war. Die Flüssigkeit selbst erwies sich in den Krystallen von Schemnitz als reines Wasser mit Spuren gelöster alkalinischer Sulphate, in den andern Fällen erzeugte sie eine kaum merkliche Trübung in Silbernitrat und Chlorbaryum. — In manchen Chalcedonen und allen Calciten waren die Einschlusswandungen permeabel für Gase und daher die eingeschlossenen Bläschen atmosphärische Luft von der normalen Dichte. — In einem Bergkrystall von La Gardette (Dauphiné) fand sich eine braune klebrige Flüssigkeit mit grosser Blase: erstere gefror und wurde opak bei 13°,3 C. Nach Durchbohrung drang das Wasser sofort ein, erfüllte den ganzen Raum und wurde trübe. Die eingeschlossene Flüssigkeit schwamm auf Wasser, roch nach Naphtha und verbrannte mit weisslichem Rauch. — In einem Kry-

stall (quid?) von Capam d'Hollanda (richtige Schreibart für den meistens unrichtig angegebenen Fundort Capao do lan) wurde eine Flüssigkeitspore mit sehr kleinen Bläschen angebohrt. Dieses, statt wie die andern comprimirt zu werden, dehnte sich auf das 10- bis 12fache seines früheren Volums aus; seine chemische Natur konnte nicht bestimmt werden; die Flüssigkeit war Wasser.

William Nicol öffnete vermittelst eines feinen Risses Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen in Baryt und Fluorit (cf. Pogg. Ann. XIII. 510. 1828 und Edinb. new. philos. Journ. V. 94), wobei die Libelle so stark expandirte, dass sie sämmtliche Flüssigkeit aus der Höhlung trieb. Diese krystallisirte dann ohne merkliche Volumabnahme zu Baryt, resp. Fluorit. Auch die Flüssigkeitseinschlüsse in Steinsalz unterzog er einer Prüfung. Bei denjenigen, welche eine Libelle hatten, nahm diese bei Erwärmung an Volumen ab und verschwand gänzlich, wenn der Krystall so weit erwärmt war, dass man ihn nicht mehr in der Hand halten konnte. Die Expansivkraft der Libellen war nicht gross; die Flüssigkeit krystallisirte beim Erhitzen zu feinen Nadeln, die sofort wieder zerflossen; nach chemischen Versuchen enthielt sie Mg Cl und wenig Ca Cl*.

An die Versuche Davy's lehnen sich unmittelbar die Untersuchungen Gümbel's über den Inhalt der mit Flüssigkeit und Gas gefüllten Chalcedonmandeln von Catalan, 30 legoas NO von Salto in Uruguay an. Dieselben ergaben, dass die Gase des Mandelinhalts wahrscheinlich Wasserdampf und atmosphärische Luft von geringem Druck, nämlich 65.1 mm Quecksilber waren. Wurde daher die Mandel unfern der Erdoberfläche gebildet, so musste im Augenblick ihres Schliessens dieselbe von einer Atmosphäre von Wasserdampf und Luft umgeben sein, deren Temperatur so hoch war, dass durch Abkühlung der Mandel auf 15.5° C. die Spannung der eingeschlossenen Gase bis auf 65 mm sinken konnte. Das würde auf eine Temperatur von etwa 100° C. schliessen lassen. — Die Flüssigkeit wurde theils durch Zerschlagen der Mandeln direct, theils als Eis gewonnen, indem Gümbel die Mandel vor der Zertrümmerung gefrieren liess. Dieselbe bestand aus Wasser, in welchem mikroskopische Krystallisationen von Quarz und Chlorit erkannt wurden, und welches einen Trockenrückstand von 400 Milligramm auf ein Liter ergab. Von diesem Trockenrückstand waren etwa 16 % in Wasser löslich und liessen Kohlensäure, Schwefelsäure, Chlor, Kalk, nebst geringen Mengen von Kali und Natron, sowie Spuren von

* cf. Edinb. new philos. Journ. VII. 111 und Pogg. Ann. XVIII. 606. 1830.

Eisen und Magnesia nachweisen. Der in Wasser unlösliche Rest war zu $^9/_{10}$ in verdünnter Salzsäure löslich und bestand aus kohlensaurem Kalk nebst geringen Mengen von Gyps. Das in HCl ungelöste Zehntel erwies sich der Hauptsache nach als Kieselsäure. Eine schwach bräunliche Färbung der Flüssigkeit beim Eintrocknen wird auf die Anwesenheit von organischen Stoffen zurückgeführt.

Ausserordentlich interessante und werthvolle Untersuchungen über die Flüssigkeitseinschlüsse in Krystallen verdanken wir Sir David Brewster. Derselbe machte seine Untersuchungen besonders an jenen wasserhellen bis bläulichen Topasgeschieben vom Rio Belmonte in Brasilien, welche unter dem Namen Pingos d'agoa bekannt sind, zog aber ferner eine grosse Reihe anderer Mineralien, wie Quarz, Kymophan, Olivin, Smaragd, Beryll, Feldspath u. A. in den Bereich seiner Forschungen. Er erkannte, dass in den Flüssigkeitseinschlüssen zwei physikalisch sehr verschiedene Fluida bald einzeln, bald nebeneinander, aber ohne sich zu mischen, vorkommen. Die eine zeigte eine sehr geringe Adhäsion an den Wandungen der sie enthaltenden Höhlungen, eine ungemeine Beweglichkeit und eine auffallende Ausdehnung bei Erwärmung, sowie ein sehr geringes Brechungsvermögen, während die Eigenschaften der andern Flüssigkeit meistens sehr gut mit denen des reinen Wassers oder einer mehr oder weniger concentrirten wässrigen Lösung stimmten. Die Ausdehnung der sehr expansiblen Flüssigkeit wurde von Brewster genau gemessen, indem er das Volumverhältniss der Libelle zu dem Fluidum bestimmte und nun bis zum Verschwinden der Libelle erwärmte. Es ergab sich, dass bei einer Erwärmung von 50 bis 80° F. (10° C.—26.7° C.) die Flüssigkeit sich um ein Viertel ihres ursprünglichen Volumens, von 1 auf 1.25, ausgedehnt hatte, also 82mal stärker als Wasser, dessen Volum bei 10° C. und 26.7° C. sich verhält, wie 1.000145 : 1.003190 oder wie 1.000000 : 1.0030445. — Betrug dagegen ursprünglich, d. h. bei gewöhnlicher Temperatur das Volumen der Flüssigkeit nur $^1/_3$—$^1/_4$ des ganzen Hohlraums, also das der Libelle $^2/_3$—$^3/_4$, so trat bei Erwärmung die entgegengesetzte Erscheinung ein; statt sich auszudehnen und die Libelle zu absorbiren, nahm das Volumen der Flüssigkeit ab und sie verdampfte gänzlich. — Der Brechungsexponent dieser expansiblen Flüssigkeit wurde im Topas zu 1.1311 bestimmt, während der der andern nicht expansiblen Flüssigkeit sich auf 1.2946 stellte, also weit näher dem des Wassers, welchen Brewster = 1.3358 fand. — Oeffnete Brewster die Einschlüsse im Topas und gelangte die expansible Flüssig-

keit auf die Krystalloberfläche, so breitete sie sich aus, kam in wallende Bewegung und verdunstete in 10—12 Minuten, meistens mit Hinterlassung eines Rückstandes von kleinen getrennten festen Theilchen, die bei Annäherung eines warmen Gegenstandes wieder flüssig wurden. Wärme verflüchtigte diese Theilchen und in Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure lösten sie sich ohne Brausen.

Brewster zog aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass die stark expansible Flüssigkeit ein comprimirtes Gas sein müsse, konnte aber dieselbe mit keinem bekannten Körper identificiren. Erst nachdem Thilorier im Jahre 1835 seine Untersuchungen über liquide und feste Kohlensäure (Pogg. Ann. XXXVI. 141. 1835) veröffentlicht hatte, sprach Simmler (Pogg. Ann. CV. 460. 1858) die Vermuthung aus, dass die von Brewster in manchen Mineralien, zumal in Topas, entdeckte expansible Flüssigkeit liquide Kohlensäure sei und begründete dieselbe durch eine Vergleichung der von Brewster und Thilorier gefundenen Constanten beider. So erwies sich nach Brewster's Versuchen der Ausdehnungscoëfficient des expansiblen Fluidum zwischen 10.6° C. und 26.7° C. zu 0.01497 für 1° C., nach Thilorier derjenigen der liquiden Kohlensäure in den Grenzen von 0°—30° C. zu 0.015 für das gleiche Temperaturintervall; ähnliche Uebereinstimmung ergab sich für die übrigen Eigenschaften.

Die Beobachtung Brewster's, dass in ein und demselben Einschluss die expansible Flüssigkeit (liquide Kohlensäure) unvermischt mit einer andern (Wasser) vorkomme, lässt sich in zahlreichen Fällen bei dem Studium der Flüssigkeitsinterpositionen des Quarz in granitischen Gesteinen und krystallinen Schiefern, des Bergkrystalls, des Topas, Beryll u. s. w. wiederholen (Taf. V Fig. 6), und stützt in hohem Grade die Vermuthung Simmler's. Die Erscheinung dieser Flüssigkeitseinschlüsse mit doppelter Libelle, wie man sie zu nennen pflegt, oder diese Einschlüsse zweier nicht sich mischender Flüssigkeiten, wie sie richtiger heissen sollten, ist dann eine solche, dass die nicht stark ausdehnbare, das Mineral netzende Flüssigkeit die peripherischen Theile des Einschlusses einnimmt, während die liquide und die gasförmige Kohlensäure die centralen Theile occupirt, und zwar umhüllt die liquide Kohlensäure die gasförmige, beide mit sphäroidaler Form, wenn die Menge der flüssigen eine relativ grosse ist. Umgekehrt wird ein Tropfen der flüssigen Kohlensäure durch die gasförmige von dem Wasser getrennt, wenn das Mengenverhältniss

ein umgekehrtes ist. Die Lage der breiteren und schmaleren Grenzränder durch Totalreflexion lässt im Allgemeinen diese beiden Fälle sicher unterscheiden: ob zwischen der Kohlensäure und der Einschlusswand Wasser vorhanden ist, oder nicht, darüber belehrt im Allgemeinen gleichfalls die Beobachtung der Grenzränder, oder aber ein Erwärmungsversuch, durch welchen im ersteren Fall die äussere Grenzlinie der Kohlensäure nach aussen verschoben wird, im zweiten nicht.

Nach David Brewster nahm zuerst H. Cl. Sorby wieder die Untersuchungen über die chemische Natur der Flüssigkeitseinschlüsse auf; er fand die Einschlüsse in Steinsalz meistens ohne Libelle ganz mit Fluidum und mit Schlamm erfüllt, oder mit einer sehr kleinen Libelle. Aehnlich lagen die Verhältnisse bei Calcit aus Tuffen, Gängen und Trappgesteinen, ferner bei Fluorit, Baryt, Cölestin und anderen Gangvorkommnissen, so dass bei Bildung dieser Einschlüsse, wenn man nicht sehr hohen Druck dabei voraussetzen will, eine normale Temperatur herrschen musste, die jedenfalls wohl nicht die des kochenden Wassers überschreiten konnte. In Quarzen aus Gängen und Adern fand er Flüssigkeitseinschlüsse, deren Inhalt sich als reines Wasser mit einem mehr weniger geringen Gehalt an Chloralkalien, Alkali- und Kalksulphaten und freier Salzsäure herausstellte. Ebenso fand Sorby im Quarz, Feldspath und Glimmer der granitischen Gesteine, sowie in manchen Mineralien der Somma-Auswürflinge, die Flüssigkeit in den Hohlräumen als eine stark wässrige Lösung der genannten Salze, denen sich noch hie und da freie Schwefelsäure zugesellte. — Selten nur sah Sorby in den Quarzen aus Gängen und Adern die beiden sich nicht mischenden Fluida neben einander und bestätigte an ihnen die von Brewster gemachten Angaben. Eine weitere Reihe von interessanten Beobachtungen über die physikalischen Eigenschaften mancher Flüssigkeitseinschlüsse in Edelsteinen veröffentlichte Sorby in einem Aufsatze: On the Structure of Rubies, Sapphires, Diamond and some other minerals by H. Cl. Sorby and P. J. Butler. Proceedings of the Royal Society. No. 109. 1869, pag. 291.

Den positiven Beweis dafür, dass die expansible Flüssigkeit in den Einschlüssen liquide Kohlensäure sei, gab erst Vogelsang (l. c.). Er fand in einem Bergkrystall von unbekanntem Fundorte (wahrscheinlich Madagaskar oder Ceylon) zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse von 0.2 mm bis zu verschwindender Grösse, von unregelmässiger Gestalt, zuweilen als negative Krystallformen, Dihexaëder mit Säule.

Flüssigkeit und Libelle waren verhältnissmässig dunkelrandig, die Libelle unbeweglich; sie änderte ihre Lage erst bei Temperaturveränderungen. Die Flüssigkeit netzte den Quarz nicht und liess also capillare Theile des Hohlraums unerfüllt, so dass sie sich in sphäroidaler Gestalt nach aussen abgrenzte. Bei Erwärmung aber trat das Fluidum mit convexem Meniscus in die capillaren Theile der Pore ein. Bei einer Erwärmung von 22° C. auf 32° C. dehnte sich die Flüssigkeit etwa um die Hälfte ihres Volumens aus, denn bei 22° C. war Fluidum zu Libelle etwa wie 2 : 1, bei 32° C. war die Libelle verschwunden. Die Ausdehnung war also eine noch stärkere, als sie THILORIER gefunden hatte, ein Umstand, der sich natürlich durch die mancherlei Fehlerquellen bei mikroskopischen Messungen, sowie daraus erklärt, dass bei VOGELSANG's Versuchen weder die Condensation des Gases, noch die Volumveränderung des Minerals in Rechnung gezogen war. Im Topas vom Rio Belmonte verschwand die Libelle zwischen 30° C. und 31° C.

Zur genauen Temperaturbeobachtung bediente sich VOGELSANG einer dem Objecttisch des Mikroskopes aufschraubbaren Kupferplatte, die zur besseren Isolirung mit einer Ebonitplatte bedeckt war. Die Stege *S* (Fig. 7) dienen als seitliche Unterlagen für die Objecte. Das Thermometer *T* hat einen ringförmigen Quecksilberbehälter, welcher das Diaphragma des Apparates umfasst und an welchem jederseits drei Glasknöpfchen angeschmolzen sind, um welche ein feiner Platindraht gewunden ist, der bei *b* mit Kupferdrähten verlöthet ist. Diese münden in den Klemmschrauben *E*, in welche man die Leitungsdrähte einer schwachen BUNSEN'schen Batterie einfügt. Der Strom erwärmt nun die Platindrähte und so auch das Thermometer und das Object. Die Resultate, welche ein solcher Apparat giebt, sind recht befriedigend, so lange das Objectiv des Mikroskopes in hinreichender Entfernung vom Objecte ist. Bei Anwendung starker Systeme aber, also bei bedeutender Annäherung des Objectivs an das Object wirkt ersteres als sehr einflussreiche Abkühlungsquelle, so dass bei Anwendung verschiedener HARTNACK'scher Systeme (Nr. 4 mit 3 mm Focalabstand und Nr. 9 mit 0,1 mm

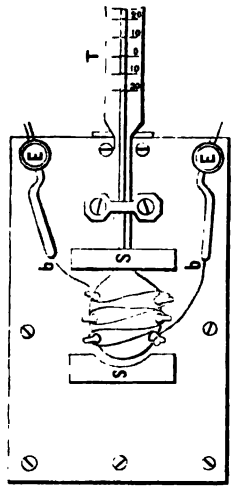


Fig. 7.

Focalabstand) die Temperaturablesungen um 10° C. variirten. Die obigen Angaben beziehen sich auf das Objectiv 4 HARTNACK.

Zum directen Nachweis der Kohlensäure bedienten sich VOGELSANG und GEISSLER der Spectralanalyse. Das gröblich zerkleinerte Material wurde in die Retorte *K* gebracht, welche luftdicht in ein Seitenrohr der Spectralröhre *S* eingefügt war (Fig. 8). Durch ein oberes Seitenrohr communicirte diese mit einer Luftpumpe, mit welcher die Verbindung durch den Hahn *L* hergestellt und unterbrochen werden konnte. Unter gelindem Erwärmen wurden die Röhren so weit evacuirt, dass der Strom kaum noch durchging. Dann wurde bei *K* stark erhitzt bis zur Decrepitation, nach deren Eintritt bei Schliessung des Stromes die Verbindung durch eine starke Lichtlinie in der Spectralröhre *S* hergestellt erschien. Diese ergab bei Untersuchung mit dem Spectralapparat das Spectrum der reinen Kohlensäure mit kaum einer Spur der rothen Wasserstofflinie. Als grössere Mengen desselben Quarz in geschlossener Röhre gesprengt und diese unter Kalkwasser geöffnet wurde, trat Trübung desselben ein[1].

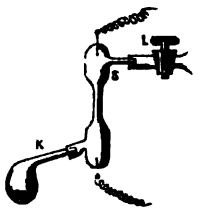


Fig. 8.

Die gleiche Untersuchungsmethode wurde von VOGELSANG noch angewandt auf Bergkrystall aus dem Maderaner Thal, Amethyst von Schemnitz, Bergkrystall von Poretta bei Bologna und Quarz aus dem Granit von Johann-Georgenstadt, bei deren Flüssigkeitseinschlüssen eine Veränderung des Volumenverhältnisses von Libelle

[1] A. E. VON NORDENSKIÖLD hat (G. F. i Stockholm Förhdl. 1885. VII. 758 und L. J. 1886. I. 242) die Deutung der besprochenen Einschlüsse als liquide Kohlensäure angegriffen, indem er sich besonders darauf stützte, dass theils spontan, theils erst beim Glühen der brasilianischen Topase mit diesen Interpositionen sich eine Substanz in denselben und in deren Nähe abscheide, welche durchaus ähnlich der nach dem Glühen harzähnlicher organischer Substanzen zurückbleibenden Kohle sei. Er schliesst daraus, dass die für liquide Kohlensäure gehaltene Substanz ein Kohlenwasserstoff sei. Mir scheint seine Beweisführung nicht genügend; höchstens könnte sie darthun, dass neben der liquiden Kohlensäure ein Kohlenwasserstoff vorhanden war. Es dürfte gestattet sein, hier einzuschalten, dass ich schon während meines Strassburger Aufenthaltes in Gemeinschaft mit Herrn Prof. FR. ROSE die Flüssigkeitseinschlüsse in der gelben Zinkblende vom Picos de Europa in Asturien wegen ihres abnormen Verhaltens bei Erwärmung untersuchte und fand, dass sie aus liquider Kohlensäure bestanden, welcher nicht unbeträchtliche Mengen eines Paraffin-ähnlichen Körpers beigemengt waren. Auch hier finden sich auf den Blätterdurchgängen um die Einschlüsse dendritische Absätze einer Kohlen-ähnlichen Substanz. Doch wurden dieselben nicht untersucht.

und Flüssigkeit trotz Erwärmung auf 100° C. nicht beobachtet wurde. Die Spectraluntersuchung ergab die Anwesenheit von viel Wasser und wenig Kohlensäure und Vogelsang hält die Annahme für wahrscheinlicher, dass die Einschlüsse kohlensäurehaltiges Wasser und eine Libelle von gasförmiger Kohlensäure enthalten, als die, dass sie Wasser mit einer Libelle liquider Kohlensäure seien.

Die hier mitgetheilten Beobachtungen stehen nicht immer in vollkommenem Einklang mit den Gesetzen, welche nach Cagniard de la Tour und Andrews für das Verhalten der Flüssigkeiten oberhalb ihres kritischen Punktes gelten. Doch erklären sich diese Differenzen z. Th. aus den sehr mangelhaften Temperaturbestimmungen, welche die in Gebrauch befindlichen Erwärmungsapparate gestatten, z. Th. auch wohl aus Verunreinigungen der in den Einschlüssen vorhandenen liquiden Kohlensäure. Giebt man den Temperaturbestimmungen durch Eintauchen des Objects und des Objectivs in eine bedeutendere Wassermenge grössere Genauigkeit, indem man sich wie Julien eines auf den Objecttisch zu setzenden Glastroges bedient, oder wie Erhard und Stelzner das ganze Mikroskop bis über die Objectivlinsen in Wasser eintaucht, so verlaufen die Erscheinungen genau so, wie es die physikalischen Gesetze für das Verhalten von Flüssigkeiten unterhalb oder oberhalb ihres kritischen Punktes fordern. Erwärmt man einen Flüssigkeitseinschluss, welcher liquide und gasförmige Kohlensäure enthält, allmählig, so wird man concordant mit den Brewster'schen Beobachtungen eine Expansion der Flüssigkeit und also eine Verkleinerung der Gaslibelle, oder aber ein Verdunsten der Flüssigkeit und demnach eine Vergrösserung der Libelle wahrnehmen, je nach den relativen Mengen von Fluidum und Dampf. Doch hält dieses Verfahren nur an, so lange die Temperatur nicht den kritischen Punkt der Kohlensäure erreicht, welcher nach Andrews bei 30,92° C. liegt. Tritt diese Temperatur vor völliger Absorption der Libelle, resp. vor völliger Verdampfung der Flüssigkeit ein, so verschwindet auf einmal die Grenze zwischen Flüssigkeit und Dampf durch plötzlichen Uebergang aller Flüssigkeit in Dampfform. Dabei beobachtet man, wenn die Einschlüsse recht gross sind, ein auffallendes Neblig-werden der Grenzfläche unter wallender Bewegung; bei den sehr mikroskopischen Einschlüssen jedoch ist diese Beobachtung nicht zu machen. Lässt man nun die Temperatur sinken, so lassen sich, wenn der kritische Punkt nicht überschritten wurde, dieselben Erscheinungen rückläufig beobachten. War jedoch der kritische Punkt

bei steigender Temperatur überschritten, so sieht man sofort, wenn bei Abkühlung derselbe wieder erreicht wird, ein Aufkochen in dem Einschlusse, indem sich an vielen Orten zugleich Bläschen bilden, welche sich rasch oder allmählig vereinigen, bis nach vollständiger Abkühlung der Anfangszustand wieder erreicht ist. Es entsteht gewissermassen ein Regen flüssiger Kohlensäure in einer Kohlensäure-Atmosphäre.

Man hat hierdurch ein sehr sicheres Mittel, den kritischen Punkt der eingeschlossenen Flüssigkeiten zu bestimmen. Die dahin zielenden Beobachtungen haben nun meistens erkennen lassen, dass der kritische Punkt dieser expansiblen Flüssigkeit unter demjenigen der reinen Kohlensäure liegt und dass die Libellen, wenn der kritische Punkt nicht erreicht wurde, bei niedrigerer Temperatur wiederkehren, als derjenigen, bei welcher sie verschwanden. Die letzterwähnte Thatsache erklärt man durch die Adhäsion der sich abkühlenden Flüssigkeit an den Grenzflächen (Wasser): die erstere wird nach Andrews dadurch zu erklären sein, dass der Kohlensäure ein nicht coercibles Gas beigemengt ist. Die Vermuthung, dass dieses constante Gas der Stickstoff sei, ist direct durch die analytischen Untersuchungen von White an den Einschlüssen des Rauchquarz von Branchville, Conn., als zutreffend erwiesen. Derselbe fand den Inhalt dieser gedoppelten Flüssigkeitseinschlüsse aus 30,48 % CO_2, 0,50 % N und 69,02 % H_2O zusammengesetzt: auch konnten Spuren von H_2S, SO_2, H_3N, Fl und Cl (?) nachgewiesen werden. Durch solche Beimengungen constanter Gase kann der kritische Punkt der Kohlensäure eventuell bis auf 20° C. erniedrigt werden.

Schon Brewster hatte in den Flüssigkeitseinschlüssen des Topas und Quarz theils aufgewachsen an den Wandungen, theils freiliegend und beweglich feste Krystalle wahrgenommen. Bei Erwärmung lösten sich dieselben in der Flüssigkeit auf und krystallisirten beim Erkalten wieder aus, entweder an der Stelle, wo sie früher sassen, wenn sie nämlich nicht ganz geschmolzen waren, oder aber, wenn dies geschehen war, an beliebiger anderer Stelle. Andere solcher eingeschlossenen Krystalle dagegen waren unlöslich. In einem Aufsatze: On the existence of crystals with different primitive forms and physical properties in the cavities of minerals etc. London. Edinb. and Dublin Philos. Mag. and Journ. of Science XXXI. 497. 1847 beschreibt er auch eine Reihe von ihm daran ichteter Krystallformen und untersucht ihre optischen Eigen-

schaften. Er glaubte, wenn er eine Elasticitätsaxe im umschliessenden Krystall parallel mit der Schwingungsebene des Polarisators stellte, zwei reguläre, also isotrope Species unter den in den Flüssigkeitseinschlüssen befindlichen Krystallen zn entdecken, von denen die eine leicht, die andere nicht schmelzbar war; und drei anisotrope, von denen die eine leicht, die zweite schwer, und die dritte unschmelzbar war. — In einem Quarz von Quebec fand Brewster Flüssigkeitseinschlüsse mit den Eigenschaften des Wassers, worin Krystalle von Kalkcarbonat schwammen.

Das Vorhandensein krystallinischer Ausscheidungen mannigfacher Art in den Flüssigkeitseinschlüssen sehr verschiedener Mineralien ist von den verschiedensten Forschern constatirt. Zu erwähnen ist besonders die auffallende Verbreitung von würfelähnlichen Krystallen in den Flüssigkeitseinschlüssen des Quarzes der verschiedensten krystallinen Gesteine und mancher anderer Mineralien (Taf. VI Fig. 1). Zirkel (L. J. 1870, 804) hat es für diese Würfelchen in den Flüssigkeitseinschlüssen eines Quarzes von Laurvik sehr wahrscheinlich gemacht, dass sie Kochsalz seien, und man hat sich danach gewöhnt, sie als Chlornatriumwürfel zu bezeichnen. Es ist jedoch zu erwähnen, dass diese Verallgemeinerung nicht ohne Bedenken ist. Schon Vogelsang konnte bei gewissen derartigen Vorkommnissen spectralanalytisch keine Alkalien nachweisen und war geneigt, diese Gebilde für Quarzrhomboëder zu halten. Bei Erwärmung von Präparaten eines Granitporphyrs von Rothau, Elsass, konnte vom Autor constatirt werden, dass bei 70° C. eine Lösung der Würfelchen begann, die mit zunehmender Temperatur rasch weiter schritt. Das widerspricht den bekannten Löslichkeitsverhältnissen des Chlornatrium. — In seltenen Fällen findet man andere krystalline Ausscheidungen in den Flüssigkeiten; so beobachtete z. B. Sorby Alkalicarbonate im Idokras der Somma, Zirkel Nadeln, die er für Amphibol hält, neben Würfelchen im Quarz des Granitgneiss von Rawlings Peak, Wyoming.

Sorby ahmte diese Erscheinungen künstlich nach und gab dadurch ihre Erklärung. Er liess bei normaler Temperatur Kochsalz aus einer Lösung auskrystallisiren, die mit doppelt chromsaurem Kali versetzt war; die Krystalle enthielten gelbe Flüssigkeitseinschlüsse. Sättigte er die Lösung bei hoher Temperatur mit beiden Salzen und liess bei derselben hohen Temperatur krystallisiren, so bildeten sich dieselben Einschlüsse; erkalteten aber dann die Krystalle und verminderte sich dadurch die Lösungsfähigkeit

der eingeschlossenen Flüssigkeit für das doppelt chromsaure Kali, so schieden sich allmählig Krystalle dieses Salzes in den Flüssigkeitseinschlüssen aus. Liess er dagegen die bei 100° C. gesättigte Lösung bei abnehmender Temperatur krystallisiren, so lagen die ausgeschiedenen Krystalle von Kaliumbichromat nicht in den Flüssigkeitseinschlüssen, sondern ragten aus ihnen heraus in die Krystallmasse ihres Wirthes hinein. Die Bedingungen, unter denen aus Flüssigkeitseinschlüssen krystallinische Ausscheidungen stattfinden, sind also ganz analog denen, unter welchen ein Glaseinschluss zu einem entglasten Einschluss (stone-cavity) wird. Ganz ebenso können endlich auch aus Dampfporen krystallinische Ausscheidungen stattfinden, wenn die eingeschlossenen Sublimationsproducte sich abkühlen und Sorby fand dieselben wirklich in den genannten Poren der Nepheline in den Somma-Auswürflingen.

Um die Menge des in Flüssigkeitseinschlüssen vorhandenen Wassers, welches die mikroskopische Untersuchung dargethan hatte, auch direct nachzuweisen, construirte Fr. Pfaff* einen sinnreichen Apparat und untersuchte mehrere Mineralien und Gesteine, wie Feldspath, Quarz, Flussspath, Granite, Gneisse, Glimmerschiefer, Syenite, Porphyre von Kreuznach und Botzen, Laven, Obsidian und Basalt. Von diesen gaben Laven, Obsidian und Basalt ein negatives Resultat, alle andern ein positives, und zwar wechselte dieser Gehalt an mechanisch eingeschlossenem Wasser von einem Minimum von 0,11 % im Syenit von Meissen bis 1,8 % im Glimmerschiefer von Davos. Von Basalten kam übrigens nur einer von Monte Gergovia bei Clermont zur Untersuchung. Da die untersuchten Proben zuvor geglüht waren, so konnte das gefundene Wasser nicht hygroskopisch sein.

In Mineralien, welche aus schmelzflüssiger Lösung krystallisirten, findet man oft in erstarrter Form Theile ihrer schmelzflüssigen Mutterlauge eingeschlossen und nennt dieselben Glaseinschlüsse (glass cavities Sorby) bei amorpher Erstarrung, Schlackeneinschlüsse (stone cavities Sorby) bei mehr oder weniger krystalliner Ausbildung, sei diese ein die Erstarrung begleitender oder erst später in dem bereits starren Einschluss verlaufender Act gewesen. Die Form dieser Glas- und Schlackeneinschlüsse ist eine ebenso regellose und mannichfache, wie bei den Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen und auch hier beobachtet man oft, dass die Einschlüsse die Formen ihrer Wirthe besitzen, z. B. dihexa-

* cf. Pogg. Annalen CXLIII. 610. 1871.

ëdrisch im Quarz, rhombendodekaëdrisch im Hauyn, parallelopipedisch im Feldspath u. s. w. (Taf. VI Fig. 3 u. 4) sind. Die Farbe dieser Glaseinschlüsse ist eine mit ihrer chemischen Zusammensetzung, zumal wohl mit dem Eisengehalt des Gesteinsglases wechselnde; sie pflegen farblos in den Gemengtheilen der sauren Eruptivgesteine zu sein, sind dagegen sehr oft gelb, roth oder braun gefärbt in denen der basischen Felsarten. Ueberaus häufig haften an diesen Glaseinschlüssen ein oder mehrere, stark dunkel umrandete, durch Temperaturveränderungen nicht bewegliche Gasbläschen, ja in manchen Fällen sind die Glasfetzchen siebartig durchlöchert durch die grosse Zahl anhaftender Bläschen. Die Unbeweglichkeit derselben und die gleichzeitige Anwesenheit mehrerer in demselben Glaseinschluss sind das beste Distinctiv dieser gegenüber den Flüssigkeitseinschlüssen (Taf. VI Fig. 4). — Sorby schrieb die Bildung dieser Gasbläschen der Contraction des erstarrenden Glaseinschlusses zu und erklärte ihr Fehlen durch zu starke Adhäsion des Einschlusses an den Krystallwänden bei geringem Betrage der Contraction. Man hat mit Recht gegen diese Erklärung eingewandt, dass eine so starke Volumabnahme, wie die oft so zahlreichen Bläschen nothwendig erscheinen lassen würden, nicht anzunehmen sei. Da man weiss, dass die natürlichen Silikatschmelzflüsse grosse Mengen von Gasen (Wasserdampf) absorbiren können, die bei Abkühlung und Druckverminderung entweichen, so erklärt sich das Vorhandensein und Fehlen der Gasbläschen in den Glaseinschlüssen auf die ungezwungenste Weise aus dieser Thatsache. Dagegen dürfte eine andere Thatsache, die man in der unmittelbaren Nähe dieser Glaseinschlüsse, zumal wenn sie negative Krystalle sind, an ihren Wirthen beobachtet, nemlich eine eigenthümliche Spannung, welche zumeist nur optisch wahrnehmbar ist, stellenweise aber auch sich bis zur Bildung capillarer Risse steigern kann, wohl mit der Schrumpfung dieser erstarrenden Schmelzflusstheilchen, die kräftig an der Substanz des einschliessenden Krystalls adhäriren, in ursächlichem Zusammenhang stehen (Taf. VI Fig. 3).

Das Vorkommen der individualisirten Einschlüsse, der Einschlüsse von Mineralien in Mineralien, ist eine schon vor Einführung des Mikroskops bei durchsichtigen Mineralien wie Quarz, Glimmer, Kalkspath, wohlbekannte Thatsache und war in einzelnen Fällen (Kryptolith in Apatit) auch chemisch dargethan. Die mikroskopischen Untersuchungen haben nur die ausserordentliche Verbreitung derartiger Interpositionen nachgewiesen und die Bedeutung

derselben für die Resultate chemischer Analysen in helles Licht gestellt. Auch manche optische Phänomene (Schillern der Krystalle, Asterismus etc.) hat man durch ihre Anwesenheit erklären können. Man pflegt nun nur diejenigen in den Mineralien eingeschlossenen fremden Krystalle als Interpositionen zu bezeichnen, welche älter als ihr Wirth sind, oder sich mit diesem gleichzeitig bildeten, betrachtet dagegen die auf Spaltungsdurchgängen infiltrirten, oder durch Zersetzung und Umwandlung des Wirthes entstandenen Neubildungen nicht als eigentliche Einschlüsse*. — Es liegt in der Natur der Sache, dass die individualisirten Einschlüsse wegen ihrer winzigen Dimensionen sehr oft nicht mit einer bestimmten Mineralspecies zu identificiren sind, und also als Mikrolithe bezeichnet werden müssen.

In vielen Fällen bemerkt man keinerlei gesetzmässige Beziehung in der Anordnung der krystallinen Interpositionen gegen ihre Wirthe (Taf. VI Fig. 5) oder gegen einander. Wir wissen jedoch durch die makroskopischen Verwachsungen mancher Mineralien (Rutil mit Eisenglanz, Eisenglanz mit Glimmer u. s. w.), sowie durch die Untersuchungen Frankenheim's über Krystallisationen, die er sich auf Spaltblättchen von Glimmer, Gyps und Fluorit vollziehen liess (Pogg. Ann. 1836. XXXVII. 516—522), dass ein Krystall richtend auf Krystalle anderer Art einwirken kann, die sich auf ihm bilden. Auch bei den mikroskopischen krystallinen Interpositionen ist vielfach eine bestimmte Anordnung derselben gegen einander und gegen ihren Wirth erkennbar. Taf. VI Fig. 6 zeigt eine solche bei den mikrolithischen Einschlüssen des Hypersthen, die seinen Farbenschiller bedingen und der specielle Theil dieses Buches wird zahlreiche Belege hierfür bringen.

Nicht durch krystallographisch richtende Kräfte, sondern nur durch mechanische Verhältnisse, nemlich die Wachsthumsgeschwindigkeit ist eine andere Art der regelmässigen Einlagerung der Einschlüsse bedingt, dass sich dieselben nemlich an gewissen Stellen ihrer Wirthe häufen, während andere Theile derselben verhältnissmässig oder ganz frei davon sind. Diese Regelmässigkeit zeigt sich daher auch nicht nur bei krystallinen Interpositionen, sondern bei

* In denjenigen Gesteinen, welche unter starkem Gebirgsdrucke standen, sind die Gemengtheile oft einer weitgehenden Zertrümmerung anheimgefallen, in deren Gefolge Lösungen theils auf rein mechanisch orientirten, theils durch Gleitung bedingten Flächen Neubildungen hervorbrachten. Die Unterscheidung solcher Neubildungen von ursprünglichen Einschlüssen kann sehr schwierig werden.

den Einschlüssen jeder Art. Man unterscheidet in dieser Beziehung drei Arten der regelmässigen Anordnung, die centrale (Taf. VII Fig. 1), die peripherische (Taf. VII Fig. 2) und die zonare (Taf. VII Fig. 3). Bei der centralen Anordnung sind die inneren Theile des Krystalls voll von Einschlüssen, die äusseren mehr oder weniger frei, bei der peripherischen ist das Umgekehrte der Fall, bei der zonaren Anordnung liegen die Einschlüsse auf den Oberflächen concentrischer Krystallschalen. Da Wachsthumsgeschwindigkeit und Einschlussreichthum im geraden Verhältniss stehen, so darf man schliessen, dass bei centraler Anordnung der Einschlüsse das Wachsthum des Wirthes sich verlangsamte, bei peripherischer sich beschleunigte, und dass bei zonarer Anordnung Perioden raschen und langsamen Wachsthums abwechselten. Die Einwirkung chemischer Agentien wächst mit der Oberflächenzunahme, von welcher aus der Angriff sich vollziehen kann; durch Einschlüsse wird aber die sich dem chemischen Angriff darbietende Oberfläche ungeheuer vergrössert und somit steht die Anordnung der Einschlüsse in naher ursächlicher Verbindung mit der Art und dem Fortgang der Verwitterung und Zersetzung der Mineralien. — Es ist eine Erfahrungsthatsache, dass die Art der Anordnung der Einschlüsse bei den stofflich gleichen Gemengtheilen eines Gesteins so lange die gleiche ist, wie diese sich während derselben Entwicklungsperiode des Gesteins bildeten.

Die Menge der individualisirten Einschlüsse in einem Krystall ist oft eine so grosse, dass man geradezu von einer gegenseitigen Durchdringung zweier oder mehrerer stofflich und morphologisch verschiedener Substanzen sprechen kann. Ganz besonders häufig trifft man den Quarz und die sauren Feldspathe in dieser gegenseitigen Durchdringung; dieselbe bildet eine eigene, für gewisse Glieder der Quarzporphyr-Reihe charakteristische Erscheinung, die sogenannte granophyrische Structur (Taf. VII Fig. 4). Ebenso ist diese gegenseitige Durchdringung bei verschiedenen Gliedern der Feldspathreihe (Mikroklin, Albit, Orthoklas) eine in den älteren Massengesteinen verbreitete Erscheinung. Dabei pflegt diese Durchdringung keine regellose zu sein, sie wird vielmehr durch sehr strenge krystallographische Wechselbeziehungen in manchen Fällen geregelt. — Auch die basischen Massengesteine zeigen verwandte Phänomene, indem z. B. die grösseren Augiteinsprenglinge derart erfüllt sind mit Apatit, Magnetit, Glimmer, Nephelin, Hauyn u. s. w., dass die Augitsubstanz gewissermassen nur ein Cement für diese verschiedenartigen

Mineralien bildet (Taf. VIII Fig. 1). Mit solchen Gebilden haben die in den krystallinen Schiefern vorzugsweise auftretenden Perimorphosen eine unverkennbare Analogie.

c. Zwillinge.

Die Zwillingsbildung ist an den Mineralien mikroskopisch entweder durch das Auftreten einspringender Winkel an den Umrisslinien oder durch die optische Beobachtung erkennbar. Das Auftreten einspringender Winkel charakterisirt nur einzelne Arten der Zwillingsbildung und setzt gesetzmässige Begrenzung des Krystalls voraus; man wird dieselben also nur in gewissen Fällen wahrnehmen und verhältnissmässig selten zur Deutung von Zwillingsbildungen benutzen können. Die Beobachtung im polarisirten Lichte gestattet die Erforschung der Zwillingsbildung in allen Fällen, wenn man von den regulär krystallisirten Mineralien und in den übrigen Krystallsystemen von gewissen Zwillingsverwachsungen mit parallelen Axen absieht. Man darf kühnlich behaupten, dass erst die optische Untersuchung einen tieferen Einblick in das Wesen des Zwillingsbaus und die Erkenntniss und Deutung jener wunderbar complicirten Zwillingsstöcke, die man nach Tschermak's Vorgang Mimesien nennt, ermöglicht hat. Bis zu einem gewissen Grade nähert sich der optischen Methode in dieser Beziehung an Schärfe und Eleganz die auf die Symmetrie der Cohäsionsverhältnisse basirte Methode der Aetzversuche, welche gleichfalls mikroskopische Beobachtung erfordert. Beide Methoden stützen sich auf den Satz, dass die Molekularordnung in einem einheitlichen Krystall, von gewissen mechanischen Phänomenen anormaler Spannung abgesehen, um jeden Massenpunkt dieselbe sein muss, wie um jeden andern, und auf die daraus gezogene Folgerung, dass die durch die Molekularordnung gegebenen und geregelten Kräfte in krystallographisch gleichwerthigen Richtungen gleiche und gleichgerichtete sein müssen. Bei den Aetzfiguren studirt man die Grösse und Richtung des Widerstandes gegen chemischen Eingriff in den Molekularbau; bei der optischen Methode beobachtet man die Veränderung einer Lichtbewegung während ihres Durchganges durch das Molekularsystem.

Unter Voraussetzung der Kenntniss gewisser Gesetze über die Lichtbewegung in doppelt brechenden Medien lässt sich die optische Untersuchungsmethode der Zwillingsstructur folgendermassen erläutern. Die Polarisationsfarben dünner Minerallamellen sind, ab-

gesehen von dem jeder Species eigenthümlichen Vermögen der Doppelbrechung und der Dicke der Lamellen, wesentlich von der Lage der Elasticitätsaxen in den Lamellen gegen die optischen Hauptschnitte der Polarisationsinstrumente abhängig. Da nun die Lage der Elasticitätsaxen gegenüber den krystallographischen Richtungen bei constanter Temperatur und Druck eine unveränderliche ist, und bei Zwillingsbildungen mit der oben gegebenen Beschränkung die Lage der verzwillingten Individuen gegenüber einer bestimmten krystallographischen Richtung eine umgekehrte ist, so müssen auch die Elasticitätsaxen in dieser umgekehrt liegen und das optische Verhalten der Individuen muss bei ein und derselben Stellung gegen die Hauptschnitte vom Polarisator und Analysator ein verschiedenes sein. Man macht sich dieses Verhalten am besten auf folgende Weise klar.

Man spalte aus Gyps ein feines Blättchen parallel dem klinodiagonalen Hauptschnitt, welches im polarisirten Lichte durchaus

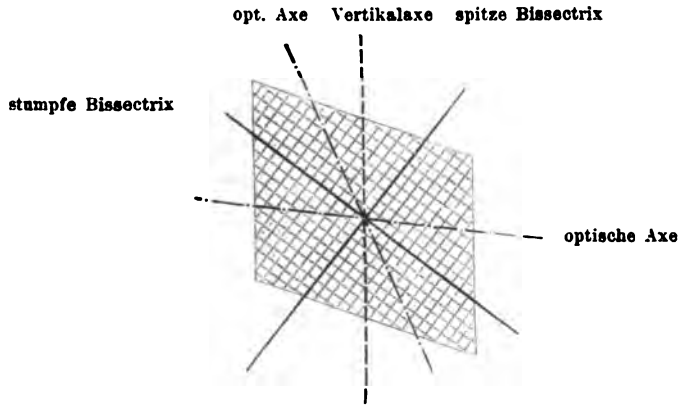


Fig. 9.

einfarbig sei, also allenthalben von absolut gleicher Dicke; daraus gelingt es leicht durch Darstellung des muschligen Bruches parallel dem Orthopinakoid und des seidenglänzenden parallel der positiven Hemipyramide ein rhombisches Täfelchen zu erhalten, dessen stumpfe Winkel $= 113^0\,46'$ und dessen spitze also $= 66^0\,14'$ sind. Da nun die optischen Axen beim Gyps in der klinodiagonalen Endfläche liegen, so stellt die Ebene des Blättchens die Ebene der optischen Axen dar, und die Axen der kleinsten und grössten Elasticität liegen in derselben Fläche, während die Axe der mittleren Elasti-

cität, die krystallographische Orthodiagonale, also die Richtung der auffallenden Strahlen im Polarisationsmikroskop ist. Krystallographisch orientirt, entspricht dem muschligen Bruch die Vertikalaxe; mit dieser bilden die nach oben vorn austretenden optischen Axen Winkel von 23° und 83°. Trägt man diese (Fig. 9) in die Zeichnung des rhombischen Blättchens ein, so erhält man durch die Halbirungslinien ihres spitzen und stumpfen Winkels die beiden Bissectricen (Axen der kleinsten und grössten Elasticität), die natürlich senkrecht zu einander stehen. Die spitze Bissectrix bildet mit der längeren Diagonale des Spaltungstäfelchens fast genau einen Winkel von 20°. Jeder normal zum Spaltungsblättchen eintretende Strahl muss also in zwei senkrecht zu einander polarisirte zerlegt werden, von denen der eine seine Schwingungen parallel der spitzen, der andere parallel der stumpfen Mittellinie ausführt. Sobald aber die eine dieser Richtungen mit der Schwingungsebene des Polari-

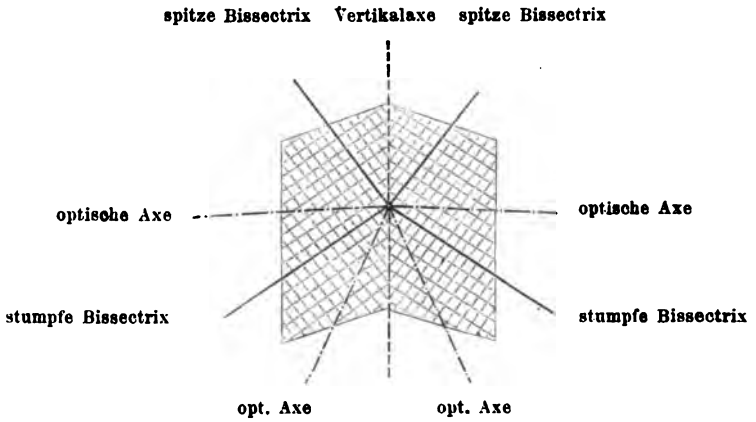


Fig. 10.

sators zusammenfällt, wird der von unten kommende polarisirte Strahl nicht mehr zerlegt und das Blättchen zeigt ein Maximum von Dunkel. Bei jeder andern Lage dieser Richtungen zu einander erscheint das Blättchen in einer von seiner Dicke abhängigen Farbe mit einer von dem Winkel der genannten Richtungen abhängigen Intensität. Zeichnet man nun, wie in genannter Figur, parallel den optischen Mittellinien durch parallele Striche (auf beiden Flächen des Papiers) die Schwingungsebenen der das Blättchen durchlaufenden Strahlen, durchschneidet Zeichnung und Gypsblättchen parallel der krystallographischen Vertikalaxe und dreht die

eine Hälfte um 180° um eine in der Ebene des Papiers und der Spaltung liegende Normale auf die Vertikalaxe, so hat man das Schema eines Gypszwillings in der allgemein bekannten Form (Zwillingsebene $\infty P\bar{\infty}$) mit Einzeichnung der optischen Constanten. Man sieht sofort in der Zeichnung an den Strichen die Lage der Schwingungsebenen beider Strahlen in den Zwillingshälften und bemerkt, dass in dem Falle, wo die Schwingungsebenen in der einen Blatt- resp. Zwillingshälfte mit der Schwingungsebene des Polarisators zusammenfallen, dieses nicht zugleich in der andern Hälfte geschehen kann (Fig. 10), dass also niemals beide Hälften zugleich dunkel sein können. Ferner sieht man, dass bei gewissen Stellungen des Schemas die Schwingungsebenen in beiden Hälften den gleichen Winkel mit den Schwingungsebenen der Nicols bilden, sobald nämlich diese, auf die Ebene des Papiers, resp. Spaltungsblättchens projicirt, annähernd parallel und senkrecht zur krystallographischen Vertikalaxe liegen. In jedem solchen Falle wird gleiche Farbenintensität in beiden Zwillingshälften herrschen. Dreht man das Gypspräparat unter dem Mikroskop zwischen gekreuzten Nicols um die gleichen Winkel wie die schematische Zeichnung, so ist man in jedem Falle genau orientirt. Hat man das eine Blättchen auf ein Maximum von Dunkel eingestellt, so muss man natürlich um den doppelten Winkel drehen, den die optischen Axen in beiden Blättchen mit einander machen, damit das zweite ein Maximum von Dunkel zeige.

Ganz analoge Erscheinungen werden natürlich alle andern Zwillingsdurchschnitte unter dem Mikroskop im polarisirten Lichte zeigen, vorausgesetzt, dass der Schnitt durch beide Zwillingshälften gehe. Läge die Schliffebene zufällig so, dass sie in einer Zwillingshälfte genau normal zu einer optischen Axe wäre (in beiden Hälften kann sie das ja nicht sein), dann würde natürlich diese Hälfte, in allen Horizontallagen zwischen gekreuzten Nicols unverändert bleiben und die Farbenphasen würden nur in der andern Hälfte auftreten.

Unter dem Mikroskope beobachtet man es oft, dass zwischen den beiden Hälften eines makroskopisch scheinbar einfachen Zwillings mehrere höchst feine weitere Lamellen in Zwillingsstellung eingeschaltet sind. Besonders häufig zeigt diese Erscheinung der Augit andesitischer und basaltischer Gesteine.

d. Aggregate.

Literatur.

Em. Bertrand, Du type crystallin auquel on doit rapporter le Rhabdophane, d'après les propriétés optiques que présentent les corps crystallisés affectant la forme sphérolithique. Bull. Soc. min. Fr. 1880. III. 58—62 und 1881. IV. 60—61.

— De l'application du microscope à l'étude de la minéralogie. Ibidem 1880. III. 93—96.

— Sur les propriétés optiques des corps crystallisés présentant la forme sphérolithique. C. R. 1882. XCIV. 542.

Dav. Brewster, On circular crystals. Trans. Roy. Soc. 1853. XX. part 4. 607—623.

Ern. Mallard, Sur quelques phénomènes de polarisation chromatique. Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 66—71.

A. Michel-Lévy, Des différentes formes de sphérolithes dans les roches éruptives in: Mémoire sur la variolite de la Durance. Bull. Soc. géol. Fr. (3). V. 257—266.

— Sur la nature des sphérolithes faisant partie intégrale des roches éruptives C. R. 1882. XCIV. 465.

H. Rosenbusch, Einige Mittheilungen über Zusammensetzung und Structur granitischer Gesteine. Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 369—390.

Nur die homogenen Aggregate, beziehungsweise diejenigen, welche sich nicht als heterogen nachweisen lassen, können hier eine Besprechung finden. Dieselben können aus amorpher oder aus krystallisirter Substanz bestehen. Die Textur der amorphen Aggregate wird sich mikroskopisch im Allgemeinen nur dann bestimmen lassen, wenn dieselben durch mechanische Ursachen doppelbrechend geworden sind; sie verhalten sich dann wie krystalline Aggregate nicht regulärer Körper. Das Charakteristische der Aggregate liegt in der weder parallelen, noch symmetrischen Anordnung der mehr oder weniger regellos begrenzten, zum Aggregat gehäuften Individuen. Diese, mit Bezug auf die krystallographischen Richtungen regellose, Anordnung bedingt es, dass auch die optische Orientirung in den einzelnen aggregirten Individuen je eine andere ist. Betrachtet man daher ein solches Aggregat zwischen gekreuzten Nicols, so kann niemals die Auslöschung in demselben Azimuth für alle Individuen eintreten, sondern diese werden nach Dicke, Lage des Schnitts gegen ihre Axen und Neigung ihrer Hauptschnitte gegen diejenigen der Nicols verschiedene Farben, beziehungsweise verschiedene Lichtstärke zeigen, in welche Stellung man das Aggregat auch zu den Nicolhauptschnitten bringe. Man bezeichnet gegenüber dem durch ihre ganze Ausdehnung gleichen optischen Ver-

halten der Krystalle diese Erscheinung der Aggregate als Aggregatpolarisation (Taf. VII Fig. 5 u. 6). Die Grenzen der einzelnen das Aggregat bildenden Individuen, welche in gewöhnlichem Lichte oft kaum oder gar nicht sichtbar sind, treten zwischen gekreuzten Nicols deutlich hervor und lassen dann die Anordnungsform derselben, d. h. die Textur des Aggregates erkennen.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die im Mineralreich so sehr verbreiteten kugeligen Aggregate, von denen die oben erwähnten Sphärokrystalle einen besonderen Fall darstellen. Dieselben bestehen bald aus an und für sich einfachbrechender amorpher Substanz, bald aus krystalliner Masse in concentrisch schaliger oder radialstrahliger Anordnung, oder endlich es treten beide Anordnungsformen deutlich neben einander auf und die Kugeln bestehen aus concentrischen Schalen, die ihrerseits aus zur Schale senkrecht gestellten Individuen aufgebaut sind. Seltener sind kuglige Aggregate, bei denen eine radiale oder concentrische Anordnung nicht hervortritt.

Radiale und concentrische Aggregate treten bei den verschiedensten Mineralien auf, z. B. bei Calcit (Oolith) und anderen Carbonaten, Quarz (Chalcedon, Opal), Chlorit, Delessit, Feldspath u. s. w.; ja gewisse Substanzen kennen wir kaum in anderer Form als in derjenigen der Sphärokrystalle, wie z. B. das übersaure Alkalithonerdesilikat, welches sich bei porphyrischer Entwicklung saurer Eruptivmagmen nach Ausscheidung der Krystalle älterer Generationen bildet und zum Theil für sich allein, zum Theil in Gemenge mit Kieselsäure den Namen Mikrofelsit führt. Das Studium dieser sphärischen Aggregate geht bis auf Brewster und bis ins Jahr 1815 zurück und wir finden bereits bei diesem Forscher Schilderungen des thatsächlichen optischen Verhaltens solcher Aggregate, Methoden zur Bestimmung ihres optischen Charakters und Hypothesen über ihre Bildung, welche bei späteren Mineralogen in derselben oder in weiter gebildeter Form wiederkehren. Die petrographische Verbreitung dieser sphärischen Aggregate ist besonders durch Stelzner, Vogelsang, Zirkel, Gümbel, Loretz, Zepharovich u. A. gefördert.

Betrachtet man ein kugliges Aggregat einer amorphen Substanz, welches aus concentrischen Schalen aufgebaut ist, deren jede äusserliegende in Folge des Eintrocknens oder der Abkühlung auf jede innerliegende einen Druck ausübte, so wird die Dichte mit Annäherung an das Kugelcentrum zunehmen. Man kann alsdann

jede Kugel als aus lauter radialen Cylindern bestehend betrachten, bei denen die Elasticität in der Cylinderaxe grösser ist als senkrecht zu dieser, d. h. als ein radialstrahliges Aggregat aus optisch einaxigen, negativen Krystallen. Führt man durch eine solche Kugel, oder auch durch eine Kugel aus rhombischen Krystallen einen centrischen Schnitt, dann wird ein solcher zwischen gekreuzten Nicols in parallelpolarisirtem Lichte in vier helle Quadranten zerfallen, welche von einem dunklen Kreuz getrennt werden, dessen Arme senkrecht zu einander und parallel den Nicolhauptschnitten liegen. Die Erscheinung ist dadurch bedingt, dass eine Zerlegung des vom Polarisator kommenden Lichtes nicht stattfindet in denjenigen Individuen, deren Hauptschnitt (hier parallel der Prismenaxe) parallel oder senkrecht zu demjenigen des Polarisators steht, dass also das durch diese hindurchgegangene Licht im Analysator durch Totalreflexion ausgelöscht wird. Dreht man einen solchen Schnitt durch ein kugliges Aggregat nach einem grössten Kreise in seiner Ebene, so werden bei jeder Stellung Individuen so liegen, dass ihre Hauptschnitte die angegebene Lage haben und bei jeder Stellung wird demnach das dunkle Kreuz an derselben Stelle stehen, es bewegt sich also scheinbar mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit in umgekehrter Richtung von derjenigen, in welcher man den Schnitt dreht. — Die hellen Quadranten sind durch die Zerlegung des vom Polarisator kommenden Lichtes in denjenigen Individuen bedingt, deren Hauptschnitte schief gegen denjenigen des Polarisators liegen. Die Farbe dieser Quadranten ist abhängig von der Grösse des Unterschiedes der Elasticität parallel und senkrecht zur Prismenaxe der einzelnen Individuen und die Helligkeit wechselt mit dem Neigungswinkel der Hauptschnitte in den Individuen gegen den des Polarisators. Sie erreicht ihr Maximum, wenn dieser Winkel 45° beträgt und nimmt nach beiden Seiten allmählig ab bis zu vollkommener Auslöschung für die Werthe 0° und 90° dieses Winkels (Taf. VIII Fig. 2 u. 3). Es gehen daher die dunklen Kreuze allmählig in die hellen Quadranten über. Besteht die Kugel aus amorpher Substanz und ist ihre Doppelbrechung also eine Folge centripetaler Verdichtung, so wird die Farbe in den Quadranten mit der Entfernung vom Centrum abnehmen, was bei einem eigentlichen Sphärokrystall nicht der Fall sein würde. Solche amorphe Kugeln können also im parallel polarisirten Lichte unter gewissen Verhältnissen farbige Ringe zeigen. Dreht man den Analysator aus der Kreuzstellung gegen

den Polarisator bis zum Parallelismus mit diesem, so öffnet sich das dunkle Kreuz allmählig, bis an dessen Stelle ein weisses Kreuz liegt, während die hellen farbigen Quadranten nun in der Complementärfarbe erscheinen. Der Vorgang macht den Eindruck, als wenn mit der Drehung des Analysators das dunkle Kreuz sich unter Annahme einer bestimmten Farbe mit halber Winkelgeschwindigkeit in derselben Richtung drehe, wie der Analysator.

Nicht genau centrische Schnitte durch derartige kuglige Aggregate werden dieselben Erscheinungen in weniger präciser Form zeigen.

Sind die Individuen eines radialen Aggregats nicht um einen Punkt, sondern um eine Linie oder eine Fläche gruppirt, so werden verzerrte Sphärolithe entstehen, welche Zirkel Axiolithe genannt hat, deren dunkles Kreuz zwischen gekreuzten Nicols nur in vier zu einander senkrechten bestimmten Stellungen geschlossen sein kann, während es sich bei einer Drehung des Schnitts in seinen Ebenen in jeder andern Lage öffnen muss *.

Radiale Aggregate des monoklinen oder asymmetrischen Systems würden dieselbe Erscheinung wahrnehmen lassen, nur würden die Arme des dunklen Kreuzes im Allgemeinen nicht parallel den Nicolhauptschnitten liegen, sondern gegen diese unter einem Winkel geneigt sein, welcher von der Lage ihres optischen Hauptschnitts gegen ihre Längsrichtung abhängen würde. Man kennt homogene sphärische Aggregate solcher Substanzen bis jetzt vorwiegend bei gewissen triklinen Feldspathen (Oligoklas in Varioliten), bei denen die Neigung des optischen Hauptschnitts zur Längsrichtung der Säulchen sehr nahezu oder genau 0° beträgt. Wo sie vereinzelt bei Augit in Diabasen, bei Epidot in krystallinen Schiefern auftreten, zeigen sie das angegebene Verhalten.

Der optische Charakter der sphärolithbildenden Substanzen lässt sich nach später zu besprechender Methode, ebenso wie derjenige von Krystallen durch Beobachtungen mit Gypsblättchen oder einem Quarzkeil bestimmen.

Nicht gespannte kuglige Aggregate amorpher Substanzen werden selbstverständlich bei jeder Stellung zwischen gekreuzten Nicols dunkel erscheinen, während kuglige Aggregate krystallisirter Substanzen, in denen alle Individuen parallel liegen, sich wie Kry-

* Die Deutung dieses Vorgangs durch zwillingsartige Verwachsung zweier Sphärolithe (cf. v. Lasaulx, L. J. 1877. 618) ist durch die Natur der Sache wohl ausgeschlossen. Aggregate können keine Zwillinge bilden.

stalle verhalten müssen, also in ihrer ganzen Ausdehnung bei vier zu einander senkrechten Stellungen dunkel, in jeder anderen farbig hell werden müssen. Solche Sphärolithe, die man besonders gern als büschelförmige Ansätze an Krystallen oder Krystallfragmenten derselben Substanz findet, bilden die sphérolithes à extinction der französischen Petrographen. Dieselben können natürlich, wie jedes kuglige Aggregat mehr oder weniger mit amorphen Massen durchwachsen sein, ohne dass die Erscheinungen andere werden würden.

Eine nicht sehr seltene und unter den verschiedensten Entstehungsbedingungen sich bildende Form der kugligen Aggregate ist diejenige, wobei die einzelnen das Aggregat bildenden Individuen regellose Körnerform besitzen, deren Dimensionen bisweilen im Centrum grösser sind, als an der Peripherie des Aggregats, oder umgekehrt. Derartige kuglige Aggregate zeigen natürlich die Erscheinungen der gewöhnlichen Aggregatpolarisation im polarisirten Lichte und werden Granosphärite (Taf. VIII Fig. 4) genannt. im Gegensatz zu den radialen oder schaligen Sphärolithen. Manche äusserlich den Oolithen ähnelnde Kalksteine zeigen derartige Aggregate von Kalkkörnern, die Cohen Pseudooolithe genannt hat und in manchen Porphyren tritt der Feldspath zweiter Generation in dieser Ausbildung auf. A. Michel-Lévy hat gezeigt, dass kuglige Aggregate, die aus amorpher Substanz und tangential geordneten prismatischen Individuen aufgebaut sind, bedingungsweise den Granosphäriten analoge Polarisationserscheinungen in ihrem Centrum zeigen können. Die Besprechung des Gegenstandes gehört in die Gesteinslehre.

Die erwähnten Polarisationserscheinungen der kugligen Aggregate zeigen sich am vollkommensten, wenn die Aggregate am deutlichsten sichtbar sind, also genau im Focus des Mikroskops liegen. Durchaus anderer Art sind die Phänomene, welche zuerst Fouqué an radialen Aggregaten optisch einaxiger Substanzen wahrnahm und deren Erklärung von Bertrand und Mallard gegeben wurde. Beobachtet man nemlich einen nicht centrischen Schnitt durch ein solches Aggregat so, dass nicht der Schnitt im Focus des Objectivs liege, sondern irgend ein Punkt einer bestimmten Ebene. in welcher sich auch das Centrum des Sphärokrystalls befindet, so sieht man bei gekreuzten Nicols das Interferenzkreuz und die isochromatischen Ringe optisch einaxiger Substanzen, wie sie eine zu ihrer Axe senkrechte Platte im convergenten polarisirten Lichte zeigen würde. (Taf. VIII Fig. 5.)

Es sei (Fig. 11) $ABCD$ ein Schnitt durch einen Sphärolithen einer optisch einaxigen Substanz, dessen Centrum bei c liege und der in homogenem Lichte zwischen gekreuzten Nicols beobachtet werde. Die vom Polarisator kommenden Strahlen gh, ef, bd u. s. w. werden in dem Sphärolith in je zwei senkrecht zu einander schwingende Strahlen zerlegt, welche bei d, f, h mit einer bestimmten Phasendifferenz austreten, welche abhängig ist von dem Unterschied der optischen Elasticität parallel und senkrecht zur Hauptaxe und von dem sich stetig ändernden Winkel, welchen die Lichtstrahlen je mit der Längsrichtung der Sphärolithenstrahlen, d. h. mit der

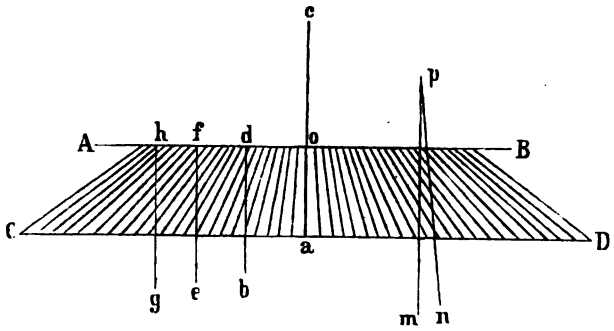


Fig. 11.

optischen Axe derselben machen. Beträgt diese Phasendifferenz bei d etwa $^1/_2\,\lambda$, so wird bei d Dunkel eintreten und dasselbe muss offenbar bei regelmässigem Bau des Sphärolithen in jedem Punkt der Fall sein, welcher von o um die Länge do abliegt. Es muss also um o herum im homogenen Lichte ein dunkler Kreis von dem Radius od entstehen. Ebenso bilden sich weitere dunkle Kreise an den entfernteren Stellen, wo der Gangunterschied $^3/_2\,\lambda$, $^5/_2\,\lambda$ etc. beträgt. In weissem Lichte sieht man natürlich statt der abwechselnden hellen und dunklen Kreise farbige, wie an späterer Stelle bei den Phänomenen von Krystallplatten im convergenten polarisirten Lichte erklärt werden wird. Das dunkle Kreuz, welches parallel den Nicolhauptschnitten die isochromatischen Curven schneidet, ergiebt sich auch hier aus dem Umstande, dass polarisirte Strahlen in doppelt brechenden Medien eine Zerlegung nicht erfahren, wenn ihre Schwingungsebene parallel oder senkrecht zu deren Hauptschnitt liegt. — Um diese farbigen Curven sehen zu können, muss man den Focus des Mikroskopes natürlich nicht auf einen Punkt h, f, d, d. h. auf die Oberfläche des Schnitts ein-

stellen, weil hier natürlich ausser den senkrecht auffallenden Strahlen auch eine Anzahl anderer austreten, die den Schnitt in schiefer Richtung durchliefen, also andere Phasendifferenz haben. Man muss vielmehr den Focus des Objectivs an solche Punkte bringen, wo sich möglichst viele Strahlen von gleicher Phasendifferenz schneiden; p ist ein solcher Punkt, wenn der Phasenunterschied der sich unter sehr kleinem Winkel schneidenden Strahlen mp und np gleich ist. Jedenfalls ist c ein solcher Punkt, weil alle sich in demselben schneidenden Strahlen den Sphärolith parallel der optischen Axe durchliefen, also eine Phasendifferenz $= o$ haben. Daraus ergiebt sich, dass der Ort aller Punkte p eine Fläche ist, die auf derselben Seite des Schnitts liegt, auf welcher sich das Centrum des Sphärolithen befindet. Liegt dieses also über dem Schnitt, so wird man das Objectiv heben müssen, um die Erscheinung wahrzunehmen; wenn dagegen das Centrum des Sphärolith unterhalb der Schnittfläche liegt, so wird man das Objectiv von der Einstellung auf die Oberfläche aus senken müssen, um die Interferenzfigur zu gewahren. — Den optischen Charakter der Sphärolithensubstanz kann man an solchen Interferenzbildern in derselben Weise durch ein Viertelundulationsglimmerblättchen bestimmen, wie bei den Interferenzfiguren einaxiger Platten im convergenten Lichte.

II. Physikalische Eigenschaften.

Unter den physikalischen Eigenschaften finden besonders diejenigen der Cohäsion und das Verhalten gegen Licht bei mikroskopischen Studien Verwendung.

I. Eigenschaften der Cohäsion.

Durch die Erschütterung beim Schleifen bilden sich in den mit deutlichen Blätterdurchgängen versehenen Mineralien Risse und Spalten, deren Schärfe und mehr oder weniger continuirlicher Verlauf durch die grössere oder geringere Vollkommenheit der Spaltbarkeit in dem betreffenden Mineral bedingt wird, während ihre Richtung dem Durchschnitt der Spaltflächen mit der Schliffebene entspricht. Cohen giebt an, dass auch durch (L. J. 1879. 866) Glühen der Dünnschliffpräparate bisweilen Spaltrisse entstehen, welche durch die mechanische Erschütterung des Schleifens nicht zum Vorschein kamen.

Je vollkommener die Spaltbarkeit eines Minerals ist, desto dichter gedrängt, desto ununterbrochener und desto schärfer verlaufen die Spaltrisse in seinen Durchschnitten. Bei weniger vollkommen spaltenden Substanzen pflegen die Spaltrisse spärlicher zu sein und es ist in hohem Grade charakteristisch, dass dieselben oft mitten im Durchschnitt absetzen und in eine andere parallele Ebene überspringen, während sich zwischen den beiden Spaltrissen ein unregelmässig verlaufender Sprung einstellt. Es laufen daher in solchen Fällen die Spaltrisse nicht nur neben einander, sondern sie anastomosiren vielfach mit einander. Es hängt jedoch die Vollkommenheit der Spaltrisse auch davon ab, unter welchem Winkel die Schiffläche die Blätterdurchgänge schneidet. Bei senkrechter Lage beider Richtungen zu einander sind die Spaltrisse am schärfsten, bei schiefer Lage, welche man leicht durch Senkung des Objectivs

erkennt, erscheinen die Spaltrisse wegen der Totalreflexion an den capillaren Luftschichten zwischen den Trennungsebenen oft breit und dunkel und ihre Ränder sind bisweilen sehr fein zackig. — Die Wahrnehmung der Spaltrisse zumal bei farblosen Mineralien ist oft bei voller Beleuchtung nicht möglich: dieselben treten erst bei matter Beleuchtung, wie man sie durch Senken des Polarisators und seiner Linse, oder des Condensators, im stark divergenten Lichte deutlich hervor.

Der Bruch der Mineralien hat kein mikroskopisches Phänomen zur Folge: die unregelmässigen Risse und Sprünge in spaltenden und nicht spaltenden Mineralien sind entweder durch Aggregation bedingt und folgen dann den Grenzen der einzelnen aggregirten Individuen, oder sie entsprechen einer schon vor dem Schleifen vorhandenen inneren Zertrümmerung, welche in manchen Fällen durch mechanischen Druck im Gebirge, in anderen Fällen durch chemische Processe (Spalten im Olivin bei Serpentinisirung desselben u. a.) zur Entwicklung gelangte.

Der Verlauf der Spaltrisse und ihre gegenseitige Lage ist abhängig von der Richtung, in welcher der Schnitt das Mineral traf. Für die gegenseitige Lage der Spaltrisse leitet sich leicht die Regel ab, dass im regulären System die Spaltbarkeit nach Oktaëder, Würfel und Rhombendodekaëder immer geschlossene Figuren aus zwei oder drei Systemen paralleler Risse ergeben müssen. In dem quadratischen und rhombischen System giebt die pyramidale Spaltbarkeit gleichfalls stets geschlossene Figuren aus zwei parallelen, sich gegenseitig schneidenden Risssystemen, im hexagonalen (auch bei rhomboëdrischer Ausbildung) solche aus drei oder aus zwei Risssystemen. — Die prismatische Spaltbarkeit (die Spaltflächen gehen einer Axe parallel) liefert gleichfalls zwei (im hexagonalen System drei) Systeme sich kreuzender paralleler Linien, so lange die Schnittfläche senkrecht oder schief gegen die unendliche Axe liegt; die Spaltrisse aber laufen sämmtlich parallel, wenn die Schnittfläche der unendlichen Axe parallel ist. — Pinakoidale Spaltbarkeit (die Spaltfläche geht zwei Axen parallel) ergiebt in allen Schnitten parallele Liniensysteme.

Spaltbarkeit nach mehreren Pinakoiden würde dieselben Erscheinungen liefern, wie eine prismatische resp. pyramidale Spaltbarkeit, sich von diesen jedoch durch ungleiche Vollkommenheit der Spaltrisse unterscheiden. — In welcher Weise eine gleichzeitige Spaltbarkeit pinakoidaler und prismatischer, beziehungsweise pyra-

midaler Lage sich mikroskopisch ausdrücken würde, ergiebt sich aus dem Gesagten von selbst. Taf. VIII Fig. 6, Taf. IX Fig. 1 bis 6 und Taf. X Fig. 1—4 geben Beispiele für die verschiedene Vollkommenheit und gegenseitige Lage der Spaltrisse.

Es ist klar, dass man die Winkel, unter welchen sich Spaltflächen schneiden müssen, berechnen kann, wenn man die Lage des Schnitts und den normalen Spaltwinkel kennt; ebenso kann man aus dem im concreten Falle gemessenen Spaltwinkel, wenn man die Zone kennt, in welcher der Schnitt liegt, die Lage der Schnittfläche bestimmen, und die Zone ist oft auf optischem Wege mit annähernder Sicherheit zu erkennen. Doch macht die unendliche Mannichfaltigkeit der Schnittlagen und die sehr ungenaue Messung der Winkel der Spaltungsrisse, wenn diese schräg das Präparat durchsetzen, derartige Rechnungen ziemlich bedeutungslos: jedenfalls ist ihr determinatives Moment ein sehr geringes. Man überzeugt sich davon leicht, wenn man die von J. Thoulet* berechneten Schemata genau durchsieht oder praktisch zu verwerthen sucht.

Auch den Flächen leichtester Verschiebbarkeit der Theilchen, den Gleitflächen und den Druckflächen, entsprechen bei mikroskopischer Betrachtung Risse, welche in ihrer Erscheinung nicht von Spaltrissen unterschieden werden können. Bisher sind dieselben wohl nur am Glimmer und am Cyanit (Taf. IV Fig. 2) wahrgenommen, doch ist anzunehmen, dass sie eine weitere Verbreitung haben und schon heute lassen sich gewisse „Absonderungsflächen", die man an Mineralien der Pyroxen-, Amphibol- und Feldspathgruppe beobachtet, mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit als Druckflächen deuten.

Die Untersuchung der chemischen Cohäsion, welche vermittelst der Aetzfiguren Richtungen des grössten und kleinsten Widerstandes gegen den Eingriff von Lösungsmitteln in den molekularen Bau kennen lehrt, hat in den Händen von Baumhauer, Tschermak, Klein, Becke u. A. sich als ein bewundernswerthes Mittel zur Erforschung verwickelter Krystallisationsverhältnisse erwiesen. Der Verwendung dieser Methode bei petrographischen Studien steht anscheinend die Abhängigkeit der Form der Aetzfiguren von der Lage der geätzten Fläche und die unsichere Bestimmung der Flächenlage in Dünnschliffen entgegen. Immerhin bedient man sich

* J. Thoulet, Variations des angles plans des clivages sur les faces des principales zones dans le pyroxène, l'amphibole, l'orthose et les feldspaths tricliniques. Annales des mines 1878. Juillet—Août.

derselben auch heute schon in gewissen Fällen, welche bei der Besprechung der chemischen Eigenschaften und im speciellen Theile dieses Buches Erwähnung finden werden. — An derselben Stelle werden auch die Methoden der Dichtebestimmung bei mikroskopisch-petrographischen Studien behandelt werden.

2. Optische Eigenschaften.

Literatur.

Babinet, Ueber die optischen Kennzeichen der Mineralien. Comptes rendus 1837. I. 758 und Auszug in Pogg. Ann. XLI. 115. 1837.

A. des Cloizeaux, Mémoire sur l'emploi du microscope polarisant et sur l'étude des propriétés optiques biréfringentes propres à determiner le système cristallin des cristaux naturels ou artificiels. Ann. des Mines VI. 1864 und Pogg. Ann. CXXVI. 1865.

— De l'emploi des propriétés optiques biréfringentes en minéralogie. Paris. 1857.

— Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux naturels ou artificiels et sur les variations que ces propriétés éprouvent sous l'influence de la chaleur. Mém. prés. à l'Institut impérial de France T. XVIII. 1867.

a. Brechung und Brechungsexponent in isotropen Medien.

Die Optik lehrt, dass sich das Licht in ein und demselben homogenen Medium in unveränderter Richtung geradlinig fortpflanzt durch Schwingungen der Lichtäthertheilchen, welche senkrecht gegen die Fortpflanzungsrichtung stehen. Es giebt nun solche Medien, in denen die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Lichtes von der Fortpflanzungsrichtung unabhängig ist; man nennt sie isotrope Medien. In andern Medien ändert sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes mit der Fortpflanzungsrichtung und diese heissen anisotrope Medien. Isotrop verhalten sich die gasförmigen, flüssigen, amorph-starren und regulär krystallisirenden Körper, anisotrop dagegen die im quadratischen, hexagonalen, rhombischen, monoklinen und triklinen System krystallisirenden Substanzen.

Die von der Richtung unabhängige Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in den isotropen Medien führt zu der Annahme, dass die Vertheilung und Elasticität des Lichtäthers in denselben nach allen Richtungen die gleiche sei. Die absolute Grösse der Elasticität des Lichtäthers in stofflich verschiedenen Medien ist eine verschiedene und da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes proportional der Quadratwurzel der Aetherelasticität sein muss, so pflanzt sich das Licht in verschiedenen isotropen, homogenen Medien verschieden schnell fort; es giebt optisch dichtere und optisch dünnere Medien.

Die Folge dieser verschiedenen optischen Dichte ist es, dass ein Lichtstrahl bei dem Uebergange aus einem homogenen Medium in ein anderes im Allgemeinen eine Ablenkung von seiner bisherigen Richtung und stets eine Veränderung in seiner Fortpflanzungsgeschwindigkeit erfährt. Man bezeichnet diesen Vorgang mit dem Namen der Brechung oder Refraction des Lichtes.

Die mit dem Uebergange eines Lichtstrahls aus einem homogenen isotropen Medium in ein anderes homogenes isotropes Medium von verschiedener optischer Dichte verknüpften Phänomene sind die folgenden; als isotropes Medium, aus welchem der Lichtstrahl kommt, sei die atmosphärische Luft angenommen.

ab sei die Grenzfläche zwischen Luft und dem zweiten isotropen Medium (Fig. 12), *fc* sei der einfallende Lichtstrahl, die in dem Punkt *c* auf *ab* errichtete Normale *de* heisse das Einfallsloth. Dann wird in dem Punkte *c* das in der Richtung *fc* einfallende Licht theils in veränderter Richtung und mit veränderter Geschwindigkeit in das zweite Medium übergehen (der gebrochene Strahl), theils nach einem bestimmten Gesetze in das erste Medium zurückgeworfen (der reflectirte Strahl), theils nach allen Richtungen hin regellos zerstreut (diffundirt). Diese Diffusion des Lichtes würde nicht stattfinden, wenn *ab* eine mathematische Ebene wäre, sie ist die Folge der Flächenunebenheiten. Nennt man die Winkel, welche der einfallende (*cf*), der reflectirte (*cg*) und der gebrochene Strahl (*hc*) mit dem Einfallsloth machen, den Einfalls- oder Incidenzwinkel $= i$, den Reflexionswinkel $= r$ und den Brechungswinkel $= \varrho$, ferner die durch die genannten Strahlen und das Einfallsloth gelegten Ebenen beziehungsweise Einfallsebene, Reflexionsebene und Brechungsebene, dann bestehen unter diesen Grössen die folgenden Relationen:

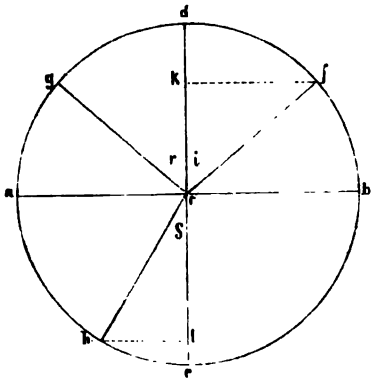


Fig. 12.

1) Die Einfalls-, Reflexions- und Brechungsebene fallen zusammen.
2) Der Einfallswinkel ist gleich dem Reflexionswinkel, $i = r$.
3) Der Einfallswinkel und der Brechungswinkel haben ein constantes Grössenverhältniss.

Beschreibt man um c mit cf einen Kreis und fällt von f und h auf das Einfallsloth die Normalen fk und hl, so ist für $cf = ch = 1$ offenbar $\sin i = kf$ und $\sin \varrho = hl$. Möge nun die Richtung des einfallenden Strahles sein, welche sie wolle, so ist bei gleichbleibenden Medien die Richtung des zugehörigen gebrochenen Strahles dadurch gegeben, dass der Quotient aus dem Sinus des Brechungswinkels in den Sinus des Einfallswinkels eine constante Grösse (n oder μ) ist, die man den Brechungsexponenten nennt. Man kann also die dritte Relation präciser formuliren

$$\frac{\sin i}{\sin \varrho} = n$$

Dieses Gesetz wurde von Snellius und Descartes unabhängig und ziemlich gleichzeitig (1637) gefunden und wird wohl auch nach ihnen genannt.

Die Grösse n, der Brechungsexponent, ist demnach eine Constante, welche zur Bestimmung einer Substanz ebenso verwerthet werden kann, wie das specifische Gewicht oder jede andere Constante. Wenn man vom Brechungsexponenten schlechthin spricht, so versteht man darunter den Brechungsexponenten eines isotropen Mediums gegenüber der Luft, und da der Brechungsexponent der Luft gegenüber dem leeren Raume (bei 760 mm Druck und 0° C. Temperatur = 1.000294) sich mit dem Thermometer- und Barometerstande ändert, so ist der Brechungsexponent theoretisch abhängig von Temperatur und Druck. Den Brechungsexponenten isotroper Medien gegenüber dem leeren Raume nennt man ihren absoluten Brechungsexponenten. Für den praktischen Gebrauch und bei allen auf der Erdoberfläche waltenden Druck- und Temperaturverhältnissen kann man den Brechungsexponenten als unveränderlich ansehen. Dieser Brechungsexponent bewegt sich bei den weitaus meisten flüssigen und isotropen starren Medien zwischen 1 und 2 und geht nur selten über die letztere Zahl hinaus. Er beträgt z. B. für Wasser 1.336, für Steinsalz 1.498, für Glas 1.553, für Fluorit 1.435, für Diamant 2.270. In dem optisch dichteren Medium wird der einfallende Strahl dem Einfallslothe zugelenkt, in dem optisch dünneren Medium von diesem abgelenkt.

Die Grösse der Brechung beim Uebergang eines Strahles aus Luft in ein anderes Medium ist endlich abhängig von der Wellenlänge des einfallenden Strahles, sie ist also verschieden für verschieden farbige Strahlen, und zwar ist sie umgekehrt proportional der Wellenlänge. Der Brechungsexponent ist also für blaue Strahlen

grösser als für rothe, $n_v > n_\varrho$. Man nennt diese Erscheinung die Dispersion des Lichtes oder die Farbenzerstreuung. Die Grösse derselben ist für verschiedene Medien eine verschiedene und wird gemessen durch $\frac{n_\varrho}{n_v}$. Auch die Grösse des Dispersionsunterschiedes für einzelne farbige Strahlen, etwa für gelb und grün, steht nicht in einer allgemeinen Beziehung zur Gesammtdispersion, sondern ist für jeden Theil des Spectrums eine jeder Substanz eigenthümliche.

Aus der Relation $\frac{\sin i}{\sin \varrho} = n$ kann man, sobald n und i bekannt sind, die Richtung des gebrochenen Strahls berechnen. Unter allen den wechselnden Werthen für i sind drei von besonderer Bedeutung, nämlich $i = 0^0$, $i = 90^0$ und $tg\ i = n$.

Wird $i = 0^0$, fällt also der einfallende Strahl mit dem Einfallsloth zusammen, so hat man $\frac{0}{\sin \varrho} = n$, d. h. auch der Brechungswinkel wird $= 0^0$ und der durchgehende Strahl fällt gleichfalls mit dem Einfallslothe zusammen. Bei senkrechter Incidenz findet demnach keine Ablenkung des durchgehenden Strahles, sondern nur eine Veränderung in seiner Fortpflanzungsgeschwindigkeit statt.

Wird $i = 90^0$, d. h. bei streifender Incidenz, so hat man $\frac{1}{\sin \varrho} = n$ oder $\sin \varrho = \frac{1}{n}$. Diesen Werth des Brechungswinkels nennt man den Grenzwinkel; derselbe beträgt z. B. bei Wasser $48^0\ 35'$, bei Flintglas $37^0\ 36'$, bei Diamant $23^0\ 53'$. Nach dem allgemeinen Gesetz, dass eine Bewegung hinläufig und rückläufig denselben Weg verfolgt, wird ein Lichtstrahl, welcher aus dem dichteren Medium auf das dünnere unter dem Grenzwinkel auffällt, parallel der Grenzfläche beider Medien austreten, also senkrecht auf dem Einfallsloth stehen. Trifft das Licht aus dem dichteren Medium auf das dünnere unter einem grösseren Winkel als dem Grenzwinkel, so kann ein Uebergang in das dünnere Medium nicht statthaben, sondern dasselbe wird an der Grenzfläche reflectirt. Da im Gegensatz zu der früher erwähnten Reflexion hier kein Theil des Lichtes in das zweite Medium übertritt, so nennt man diese Reflexion Totalreflexion. Dieselbe kann selbstverständlich nicht stattfinden bei dem Uebergang des Lichtes aus dünneren Medien in dichtere.

Die bisher besprochenen Verhältnisse erklären gewisse Er-

scheinungen, welche bei mikroskopischen Mineral- und Gesteinsuntersuchungen überaus häufig wahrnehmbar sind. Denkt man sich eine beliebige Substanz in einer anderen von genau gleichem Brechungsexponenten und gleicher Farbe eingeschlossen, so würde man die Grenzen der eingeschlossenen Substanz gegen die umhüllende gar nicht sehen können; dagegen würde die eingeschlossene Substanz in allen ihren Theilen den höchsten Grad von Durchsichtigkeit besitzen. Will man daher die äussere Form von Substanzen mit möglichster Schärfe sehen, so legt man sie in ein Medium von möglichst stark abweichenden Brechungsexponenten (Luft oder Wasser); kommt es dagegen darauf an, die Einzelheiten der inneren Beschaffenheit zur deutlichen Wahrnehmung zu bringen, so wählt man eine Umhüllung von möglichst gleichen Brechungsexponenten (Oele oder andere stark lichtbrechende Flüssigkeiten, beziehungsweise Harze, wie Canadabalsam). — Studirt man gleichzeitig verschieden stark lichtbrechende Substanzen in derselben Umhüllung von Wasser, Oel oder Harzen, so sieht man bei genauer Einstellung die Oberfläche der einen glatt und eben, während die Oberfläche anderer rauh und runzelig aussieht *. (Taf. XVII Fig. 3.) Man hat solche Oberflächen wohl chagrinirte Oberflächen genannt. Glatt werden die Oberflächen derjenigen Substanzen erscheinen, deren Brechungsexponent kleiner oder gleich demjenigen der Umhüllung ist, da alle aus ihnen austretenden Strahlen in die Umhüllungssubstanz übergehen können. Ist dagegen der eingeschlossene Körper stärker lichtbrechend als seine Umhüllung, so werden auf die in Folge ungenügender Politur rauhe Grenzfläche desselben viele Lichtstrahlen unter grösserem als den Grenzwinkel auffallen und daher eine Totalreflexion erleiden. derzufolge diese Oberfläche durch geringere Lichtstärke sichtbar ist. Ein und dieselbe Substanz wird daher in gewissen Umhüllungen eine glatte, in anderen eine rauhe Oberfläche zeigen, und wenn man den Brechungsexponenten der umhüllenden Substanz kennt, so kann man aus diesem Phänomen einen Schluss auf den Brechungsexponenten der umhüllten Substanz ziehen, sogar durch successive Untersuchung in immer stärker lichtbrechenden Flüssigkeiten von bekanntem n bis zum Verschwinden des runzeligen Aussehens der Oberfläche den Brechungsexponenten annäherungsweise zahlenmässig bestimmen.

* J. Thoulet, De l'apparence dite chagrinée présentée par un certain nombre de minéraux examinés en lames minces. Bull. Soc. min. Fr. 1880. III. 62—68.

Stark lichtbrechende Mineralien erscheinen greller beleuchtet, heller, gegenüber weniger stark lichtbrechenden, weil die auf einen Punkt derselben einfallende Lichtmenge auf einen kleineren Theil ihrer Oberfläche concentrirt wird. Es falle auf den Punkt *r* der Lamelle *ABCD* (Fig. 13) ein halbkugliges Bündel von Lichtstrahlen *mon*; dasselbe wird in der Lamelle zu einem Lichtkegel *srt* mit kreisförmiger Basis, dessen Radius *pt* sich in folgender Weise ergiebt. Es ist

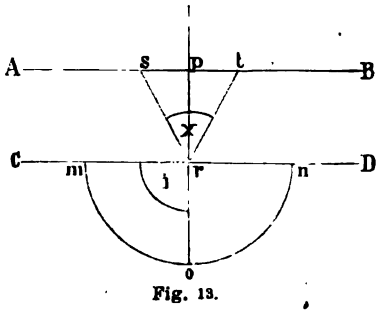


Fig. 13.

$$\frac{\sin i}{\sin \frac{x}{2}} = n$$

Da der Winkel $i = 90^0$ ist, so hat man $\sin {}^1/_2\, x = \frac{1}{n}$. Die kreisförmige Basis wird also um so kleiner, je grösser der Brechungsexponent der Lamelle ist, die Beleuchtung also um so stärker, und zwar in quadratischem Verhältniss. — Umgekehrt müssen die Ränder der stärker brechenden Körper gegen schwächer brechende um so dunkler erscheinen, je grösser der Unterschied in den Brechungsexponenten ist, weil die Grenzwinkel um so kleiner werden und also die totalen Reflexionen um so früher eintreten.

Hierauf beruht es, dass Gase, welche in starren oder flüssigen Körpern eingeschlossen sind, sehr breite Totalreflexionsränder haben, während diese Ränder bei Flüssigkeitseinschlüssen caeteris paribus schmaler und bei Einschlüssen von starren Körpern in starren noch schmaler sind. Man bedient sich bekanntlich dieses Verhältnisses, um gasförmige, flüssige und starre Einschlüsse in Mineralien zu unterscheiden und man kann aus der Breite dieser Totalreflexionsränder von Luftbläschen im Verhältniss zum hellen Centrum derselben die Grösse des Brechungsexponenten der sie umhüllenden Substanz berechnen. Es sei Fig. 14a ein Luftbläschen in einer Flüssigkeit, der schraffirte Theil stelle den durch Totalreflexion bedingten dunklen Rand gegen die umhüllende Flüssigkeit dar; r sei der durch Einstellung auf die Aequatorialebene des Bläschens gemessene halbe Durchmesser desselben, r_1 der halbe Durchmesser des hellen Centrums. Fig. 14b sei ein Polardurchschnitt durch dasselbe Bläschen. Ist *bd* von *ac* aus gerechnet der erste total-

reflectirte Strahl, so hat man für den Uebergang aus der Flüssigkeit in Luft $\frac{\sin i}{\sin \varrho} = n'$ oder $\frac{r_1}{r} = n'$. Demnach ist für den Uebergang des Lichtes aus Luft in die Flüssigkeit der Brechungsexponent $n = \frac{r}{r_1}$. Der Quotient aus den beiden gemessenen Lineargrössen

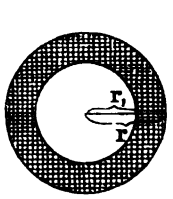


Fig. 14 a.

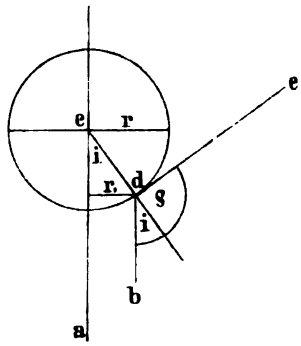


Fig. 14 b.

ergiebt direct den Brechungsexponenten der Flüssigkeit. Man bedient sich dieses Mittels oft mit Vortheil, um Einschlüsse von liquider Kohlensäure von Wassereinschlüssen zu unterscheiden. Die gefundenen Brechungsexponenten wären, abgesehen von Messungsfehlern, natürlich nur dann absolut genau, wenn n für gasförmige Kohlensäure, beziehungsweise für Wasserdampf, gleich dem Brechungsexponenten für Luft wäre.

Es stützen sich ferner auf die besprochenen Verhältnisse eine Anzahl auch mikroskopisch zu verwerthender Methoden zur Bestimmung der Brechungsexponenten isotroper Medien. Die älteste dieser Methoden rührt von dem Herzoge DE CHAULNES (Mémoires de l'Académie des Sciences 1767) her und ist später theils in derselben, theils in etwas veränderter Form von verschiedenen Forschern auch mikroskopisch verwerthet worden, so von M. BAUER*, A. v. LASAULX**, H. CL. SORBY*** u. A. Stellt man den Focus des

---

* M. BAUER, Ueber das Krystallsystem und die Hauptbrechungs-Coëfficienten des Kaliglimmers. M. B. A. 22. Nov. 1877. 698 sqq.

** A. v. LASAULX, Ueber das optische Verhalten und die Krystallform des Tridymit. Z. X. 1878. II. 271 sqq.

*** H. CLIFTON SORBY, On the determination of minerals in thin sections of rocks by means of their indices of refraction. Min. Mag. No. 8. 1878. — Further improvements in studying the optical characters of minerals. Ibidem No. 10. 1878.

Objectivs eines Mikroskops genau auf irgend einen Punkt ein und schiebt dann zwischen diesen Punkt und das Objectiv ein lichtbrechendes Medium, etwa eine planparallele Glasplatte, so wird der zuvor deutlich sichtbare Gegenstand nicht mehr sichtbar, oder doch nicht deutlich sichtbar sein, sondern man wird das Objectiv um eine bestimmte Grösse heben müssen, um den Punkt mit derselben Schärfe wie vorher zu sehen. Diese Grösse, um welche der eingestellte Punkt gehoben scheint, ist abhängig von der Dicke der eingeschobenen planparallelen Platte und ihrem Brechungsexponenten. Es sei Fig. 15 der in Luft eingestellte Punkt o; schiebt man die Lamelle L über denselben, so wird ein Strahl oba mit unveränderter Richtung, aber mit veränderter Geschwindigkeit durch die Lamelle in das Objectiv gelangen; ein Strahl oc wird dagegen bei c abgelenkt werden, da er in Luft übertritt, in der Richtung cg und nun scheinbar von r kommen. In r, wo die beiden Strahlen sich schneiden, wird also scheinbar der Punkt o liegen, er ist also um die Grösse ro gehoben. Setzen wir $ro = h$, $ob = D$, so haben wir, wenn df das Einfallsloth in c und rq senkrecht auf df ist,

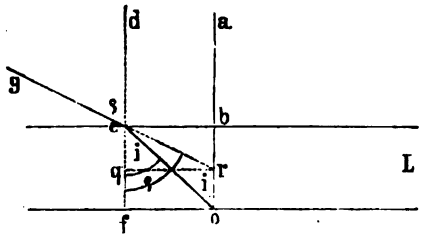


Fig. 15.

$$\operatorname{tg} i = \frac{cb}{D} \text{ und } \operatorname{tg} \varrho = \frac{qr}{qc} = \frac{cb}{D-h}$$

daraus

$$\frac{\operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} \varrho} = \frac{D-h}{D}$$

Da nun für kleine Winkel, und solche hat man ja bei mikroskopischen Beobachtungen, die Tangenten und die Sinus vertauscht werden können, so geht diese Gleichung über in

$$\frac{\sin i}{\sin \varrho} = n' = \frac{D-h}{D}$$

für den Uebergang des Lichts aus der Lamelle in Luft. Für den Uebergang aus Luft in die Lamelle, vertauschen sich i und ϱ und man hat

$$n = \frac{D}{D-h}$$

– One some hitherto undescribed optical properties of doubly refracting crystals. Transact. of the Roy. Microscop. Soc. vol. I.

Die Grösse *h* wird vermittelst der Mikrometerschraube am Tubus des Mikroskops gemessen, deren Kopf eine Theilung trägt, welche gegen einen Index abgelesen werden kann, wenn man den Werth eines Umgangs der Schraube kennt. Als Einstellungsobject nimmt man am besten eine Mikrometertheilung oder eine Mikrophotographie auf Glas. Die Dicke der zu bestimmenden Lamelle findet man entweder auf demselben Wege, indem man nach einander auf ein Staubtheilchen an der unteren und an der oberen Fläche derselben einstellt. Die Differenz der beiden Einstellungen ist nun aber nicht die wirkliche Dicke der Platte, sondern die Dicke derselben gemessen durch diese selbst; diese scheinbare Dicke sei $= D'$. Dann ist offenbar die wirkliche Dicke, da ein Punkt auf der unteren Fläche der Lamelle, durch diese gesehen, um ebensoviel gehoben wird, wie vorhin das Probeobject, $= D = D' + h$. — Setzt man diesen Werth in die obige Gleichung ein, so geht sie über in

$$n = \frac{D' + h}{D'}$$

Es lässt sich dieses Verfahren je nach dem concreten Fall überaus mannichfaltig variiren. Man vergesse nicht, dass die Genauigkeit des Verfahrens mit der Sicherheit der Einstellung zunimmt, wähle also scharf einstellbare Probeobjecte und die stärksten, nach den Umständen verwendbaren Vergrösserungen. Wiederholt man dann die Messungen in genügender Weise, so ist die zweite Decimale im Allgemeinen mit einiger Sicherheit festzustellen. Der schwache Punkt der Methode ist die Bestimmung der Lamellendicke, die nur selten und ausnahmsweise an den verschiedenen Punkten der Lamelle die gleiche sein wird und die man daher, wenn möglich an demselben Punkte bestimmen muss, wo h gemessen wurde. Die besten Resultate erhält man, wenn die Lamelle auf die hohe Kante gestellt und ihre Dicke dann vermittelst eines Ocularmikrometers direct gemessen wird.

Für Bestimmungen der Brechungsexponenten in Dünnschliffen, wo also die Lamellen zwischen Canadabalsam und Glas liegen, verfährt man am besten derart, dass man den aus dem Vorhergehenden sich ergebenden Satz benutzt, dass die scheinbaren Dicken zweier gleich dicker Lamellen sich umgekehrt wie ihre Brechungsexponenten verhalten. $n_1 : n = D' : D'_1$; also $n_1 = n. \frac{D'}{D'_1}$. Man stellt auf demselben Glase neben dem Dünnschliffe der zu untersuchenden Lamelle einen Dünnschliff von gleicher Dicke aus einer Substanz von be-

kanntem n her, oder benutzt eine in demselben Schliff vorhandene bekannte Substanz, oder endlich man bedient sich des Canadabalsam selbst, dessen Brechungsexponent etwa 1.54 ist, bestimmt in der oben angegebenen Weise die scheinbare Dicke D'_1 der zu untersuchenden Lamelle, darauf den Unterschied d zwischen der Einstellung auf das Probeobject, gesehen durch die zu untersuchende und gesehen durch die bekannte Lamelle und hat, da diese Differenz positiv oder negativ sein kann, je nachdem die zu untersuchende Lamelle stärker oder schwächer lichtbrechend ist, als die bekannte Lamelle.

$$n_1 = n \frac{D'_1 + d}{D'_1}$$

worin nur n_1 unbekannt ist.

Trotzdem die scheinbare Dicke einer Lamelle um so geringer ist, je grösser ihr Brechungsexponent ist, treten dennoch in Gesteinsdünnschliffen die stark lichtbrechenden Substanzen mit einem Relief aus dem Gewebe der weniger stark lichtbrechenden hervor und man kann nach dem grösseren oder geringeren Relief der verschiedenen Gemengtheile bei einiger Uebung und Aufmerksamkeit leicht die relativen Grössen der Brechungsexponenten zweier unter ihnen erkennen. Diese der Theorie anscheinend widersprechende grössere scheinbare Dicke der stärker lichtbrechenden Substanzen erklärt sich durch ein Zusammenwirken mehrerer Momente. Die früher erwähnte grellere Beleuchtung der Oberfläche stark lichtbrechender Lamellen in Verbindung mit den randlichen Totalreflexionen lässt ihre Oberfläche näher gerückt erscheinen gegenüber weniger grell beleuchteten Lamellen; die Thatsache, dass ihre unteren Flächen überdies stärker gehoben erscheinen, verbunden mit dem Bewusstsein wirklich gleicher Dicke verstärkt noch die Vorstellung, dass die oberen Flächen reliefartig heraustreten müssen.

Um die Messung der Lamellendicke zu vermeiden, kann man sich bisweilen eines von Bertin* angegebenen Verfahrens bedienen. Man misst die Vergrösserung eines Mikrometers, welches auf die Lamelle gelegt wird, deren Brechungsexponent bestimmt werden soll, bei voll ausgezogenem Ocular: sie sei G. Legt man dann das Mikrometer unter die Lamelle und lässt das Objectiv unverändert, so wird man das Ocular senken müssen, um die Mikrometertheilung

* A. Bertin, Sur la mesure des indices de réfraction des lames transparentes et des liquides à l'aide du microscope ordinaire. Ann. Chem. et Phys. (3.) XXVI. 288 sqq. 1849.

zu sehen und wird bei Messung die Vergrösserung anders finden: sie sei γ. Nimmt man nun noch die Lamelle fort, so wird man bei unverändertem Objectiv abermals das Ocular senken müssen und die Vergrösserung wird nun g sein. Der Brechungsexponent der Lamelle ergiebt sich dann aus der Relation

$$n = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{G - g}{G - \gamma}$$

Nach einem Satz aus der Lehre von den Linsen ist $\frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f}$. wenn p und p_1 die Entfernungen des Gegenstandes und seines Bildes von dem Centrum der Linse und f deren Focaldistanz bedeutet. Da nun $\frac{p_1}{p}$ die Vergrösserung durch das Objectiv ist, so hat man

$$1 + \frac{1}{G} = \frac{p}{f}$$
$$1 + \frac{1}{\gamma} = \frac{p + \varepsilon}{f}$$
$$1 + \frac{1}{g} = \frac{p + e}{f}$$

wenn mit ε und e die Zunahme der Entfernung des Gegenstandes von dem Objectiv bei dem zweiten und dritten Versuch bezeichnet werden. Aus diesen Gleichungen leitet man ab

$$\frac{1}{g} - \frac{1}{G} = \frac{e}{f}$$
$$\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{G} = \frac{\varepsilon}{f}$$

und daraus

$$\frac{e}{\varepsilon} = n = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{G - g}{G - \gamma}$$

unter derselben Voraussetzung, wie bei der Chaulnes'schen Methode. dass die Tangenten mit dem Sinus verwechselt werden können.

Thoulet* hat einen kleinen Apparat construirt, um die Kohlrausch'sche Methode der Messung des Brechungsexponenten durch Totalreflexion auch mikroskopisch ausführen zu können. Auf dem nach zwei zu einander senkrechten Richtungen verschiebbaren und centrisch drehbaren Mikroskoptisch wird mit 4 Schrauben *d* (Fig. 16) ein Messingtisch befestigt, welcher genau senkrecht den Halbkreis *S* mit dem Nonius *T* trägt; die Axe des Kreises endet in der Pincette *o*, auf welcher der zu untersuchende Krystall befestigt wird. Derselbe ist dann für sich allein durch die Schraube *A*, mit dem

* J. Thoulet, Mesure par la réflexion totale des indices de réfraction des minéraux microscopiques. Bull. Soc. min. Fr. VI. 1883. pg. 184–191.

Nonius durch die Schraube *B* drehbar. Auf die krystalltragende Axe *R* ist vermittelst des Pfropfens *a* ein Röhrchen *M* aufgesetzt, welches soweit mit der stark lichtbrechenden Flüssigkeit (Schwefelkohlenstoff, Monobromnaphthalin oder Jodkaliumquecksilber) gefüllt ist, dass der Krystall bei *o* in dieselbe eintaucht, der Pfropfen *a* aber bei geringer Neigung des Mikroskops nicht davon genetzt wird. Man centrirt vermittelst der Schlittenbewegungen des Mikroskoptisches. Dann wird ein zweites, an einem Ende offenes Glasrohr *N*, welches am andern Ende mit einem Kork verschlossen ist, concentrisch über das Glasröhrchen *M* geschoben und durch

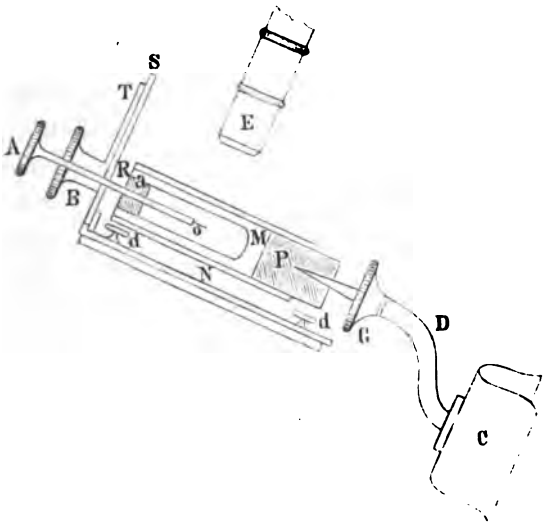


Fig. 16.

die Metallspitze *P*, den Arm *D* und die federnde Fassung *C* mit dem Stativ des Tubus verbunden. Das Rohr *N* ist matt geschliffen, oder mit Oelpapier bedeckt, bis auf einen schmalen Längsstreifen, den man vor das Object *E* richtet. Die Beleuchtung erhält man durch eine seitlich aufgestellte Natriumflamme. Bei der Beobachtung entfernt man das Objectiv und benutzt statt desselben die später zu besprechende, zur Vergrösserung von Interferenzbildern bestimmte Bertrand'sche Loupe, oder doch ein sehr schwaches Objectiv, welches auf unendlich gerichtet ist und stellt, wie bei dem Kohlrausch'schen Totalreflectometer, auf die Grenzwinkel ein. Die Differenz der beiden Ablesungen $= \varphi$ gesetzt, hat man

$$n = n_1 . \sin \frac{1}{2} \varphi$$

worin n_1 der Brechungsexponent der angewandten stark lichtbrechenden Flüssigkeit ist. Wenn man Jodkaliumquecksilber benutzen will, darf natürlich die Axe *R* und der Krystallträger *o* nicht von Metall sein.

Ebenso beruht auf der Totalreflexion eine Bestimmungsmethode der Brechungsexponenten einfach- und doppelbrechender Körper, welche L. Bertrand im Bull. soc. min. Fr. 1895. VIII. 375. 377. 426: 1886. IX. 15 und 1887. X. 140 entwickelt hat. — A. Exner beschreibt ein Mikro-Refractometer in dem Archiv für mikroskop. Anatom. 1885. XXV. 97. bei welchem der Brechungsexponent einer Substanz durch Eintauchen derselben in Fluida von verschiedenem Brechungsvermögen gefunden wird. Auf demselben Princip beruht die von O. Maschke in den Annalen d. Phys. u. Chem. N. F. 1880. XI. 722—734 angegebene Methode.

Durch die Brechung des Lichtes bei dem Uebergange aus einem isotropen Medium in ein anderes, wird nicht nur die Richtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit desselben geändert, sondern es zeigt sich in geringerem oder grösserem Maasse auch eine neue Eigenschaft, welche man die Polarisation des Lichtes nennt. Da das Licht sich durch Schwingungen der Aethertheilchen senkrecht zu der Richtung fortpflanzt und es auf einer Linie im Raum unendlich viele Normale giebt, so werden die Aethertheilchen bei der Fortpflanzung des gewöhnlichen Lichtes in unendlich vielen Ebenen schwingen. Dagegen nennt man polarisirtes Licht solches, welches sich durch Schwingungen des Aethers in einer einzigen zu seiner Richtung senkrechten Ebene fortpflanzt. Das Auge hat nicht die Fähigkeit, ohne weitere Hilfsmittel polarisirtes Licht gegenüber gewöhnlichem Lichte zu erkennen; wie sich Farbenblinde künstlicher Hülfsmittel zur Unterscheidung von Farben bedienen, so verwendet man die Eigenthümlichkeit, dass polarisirtes Licht von doppelbrechenden absorbirenden Medien in gewissen Fällen vollkommen absorbirt, von Spiegeln unter gewissen Bedingungen nicht reflectirt und ebenso von doppelbrechenden Medien bedingungsweise nicht zerlegt wird, um dasselbe vom gewöhnlichen Lichte zu unterscheiden. Zu den mancherlei Vorgängen, durch welche gewöhnliches Licht zu polarisirtem wird, also alle Schwingungen des vibrirenden Lichtäthers auf einen Azimuth reducirt werden, gehört auch die Reflexion und die Brechung in isotropen Medien.

Eine theilweise Polarisation des Lichtes findet bei jeder Reflexion und jeder Brechung statt; für den Fall aber, dass bei dem Uebergange aus einem nicht metallischen, isotropen Medium in ein anderes der reflectirte Strahl senkrecht auf dem gebrochenen steht, ist der reflectirte Strahl vollständig, der gebrochene mehr oder weniger polarisirt, und zwar in zu einander senkrechten Ebenen. Die Polarisation des gebrochenen Strahls wird um so vollkommener, je öfter sich derselbe Vorgang von Brechung und Reflexion wiederholt. Man lässt sich daher z. B. den Vorgang nicht an einer Glasplatte, sondern an einem System aus vielen parallelen Glasplatten abspielen. Der Einfallswinkel, für welchen reflectirter und gebrochener Strahl senkrecht auf einander stehen, ist ein jeder Substanz eigenthümlicher und hängt natürlich von ihrem Brechungsexponenten ab. Es sei in Fig. 17 *A C* der einfallende Strahl und $\sphericalangle$ B C F = 90°, dann ist, wenn mit A C = 1 ein Kreis beschrieben wird, tg i = tg r = $\frac{BK}{KC}$. Da BK = sin r = sin i und KC = FG = sin ϱ ist, so hat man tg i = $\frac{\sin i}{\sin \varrho}$ = n. Der reflectirte und gebrochene Strahl sind also senkrecht auf einander polarisirt, wenn die Tangente des Einfallswinkels gleich dem Brechungsexponenten ist. Diesen Einfallswinkel nennt man den Polarisationswinkel oder nach dem Entdecker des Gesetzes den Brewster'schen Winkel. Die Ebene, worin die Schwingungen des reflectirten Strahls sich vollziehen (Schwingungsebene), steht senkrecht auf der Reflexions- oder wie man sie in diesem Fall auch nennt, Polarisationsebene; die Schwingungsebene des gebrochenen Strahls ist die Reflexionsebene.

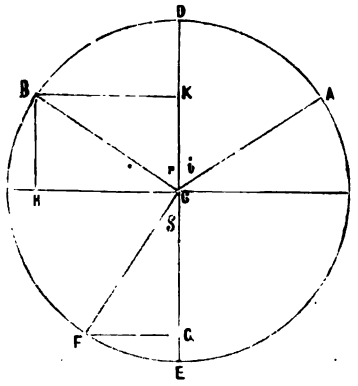


Fig. 17.

b. Doppelbrechung in anisotropen Medien.

Denkt man sich von irgend einem Punkte aus in einem isotropen Medium eine Lichtbewegung ausgehen, so wird sich diese nach allen Richtungen mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzen und die Wellenoberfläche ist in jedem Zeitpunkt die Oberfläche einer Kugel, deren Radius proportional der seit dem Beginn der

Bewegung verflossenen Zeit ist. Denkt man sich dagegen an einem Punkte eines anisotropen Mediums, in welchem also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Richtung sich ändert, eine Lichtbewegung entstehen, so wird diese nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Geschwindigkeit fortschreiten und die Wellenoberfläche kann nicht eine Kugel sein, sondern muss eine andere gekrümmte Fläche werden, deren Form und Lage in dem genauesten Zusammenhange mit dem molekularen Bau des anisotropen Mediums steht. Wenn nun ein gewöhnlicher Lichtstrahl aus einem isotropen Medium auf ein anisotropes Medium fällt und in dieses eindringt, so entsprechen den nach allen möglichen Azimuthen gerichteten Schwingungen des Strahles in dem anisotropen Medium verschiedene Elasticitäten und es muss demnach eine Reduction dieser Schwingungen auf die zwei Azimuthe stattfinden, welche den Richtungen grösster und kleinster Elasticität senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Strahles entsprechen, wenn man sich diesen zunächst senkrecht zur Grenzfläche des anisotropen und isotropen Mediums auf ersteres fallend denkt, und die Grenzfläche parallel einem optischen Hauptschnitt des anisotropen Mediums ist. Aus dem einfallenden Strahle entstehen also zwei, welche im genannten Falle sich in derselben Richtung, mit senkrecht zu einander stehenden Oscillationen und mit verschiedener Geschwindigkeit fortpflanzen, da die ihnen zugehörigen Schwingungen verschiedenen Elasticitäten entsprechen. Beide Strahlen sind polarisirte Strahlen, weil ihre Schwingungen je in einem und demselben Azimuth liegen und die beiden Strahlen sind senkrecht auf einander polarisirt, weil die Richtungen grösster und kleinster Elasticität nicht anders als senkrecht zu einander innerhalb der zur Richtung normalen Ebene liegen können. Lässt man die beiden Strahlen durch eine zur Eintrittsfläche parallele Fläche wieder in Luft austreten, so wird abermals keine Ablenkung eintreten; ist dagegen die Austrittsfläche schief zur Eintrittsfläche gerichtet, so müssen die beiden mit verschiedener Geschwindigkeit an der Austrittsfläche anlangenden Strahlen mit verschiedenem Winkel in Luft austreten und man kann sich auf diese Weise bekanntlich von dem Vorhandensein der beiden gleichgerichteten Strahlen in dem anisotropen Medium überzeugen. — Trifft der aus Luft auf ein anisotropes Medium auffallende Lichtstrahl die Eintrittsfläche nicht senkrecht, sondern schief, oder liegt bei senkrechter Incidenz die Grenzfläche nicht parallel einem optischen Hauptschnitt, so wird der Vorgang der-

selbe sein, wie vorher, nur werden nach den Elasticitätsgesetzen die beiden im anisotropen Medium entstehenden Strahlen dieses auch in verschiedener Richtung durchlaufen. Es wird also der auffallende Strahl in zwei verschieden stark abgelenkte oder gebrochene getheilt und daher nennt man die anisotropen Medien auch doppelbrechende.

Alle krystallisirten, aber nicht dem regulären System angehörigen Körper sind anisotrope oder doppelbrechende Medien und besitzen demnach die gemeinschaftliche Eigenschaft, im Allgemeinen auf sie auffallende Lichtstrahlen in zwei Strahlen zu zerlegen, welche sie mit verschiedener Geschwindigkeit, in verschiedener Richtung und mit zu einander senkrechten Schwingungsebenen, bezw. Polarisationsebenen durchlaufen. Darüber hinaus ändern sich jedoch die mit der Vertheilung der Aetherelasticität verknüpften Eigenschaften und Phänomene, je nachdem ein Krystall eines Systems mit einer Hauptaxe (quadratisch und hexagonal), oder ein solcher eines Systems ohne Hauptaxe (rhombisch, monoklin, triklin) vorliegt.

Doppelbrechung in Krystallen mit einer Hauptaxe. Nimmt man an, — und diese Annahme erklärt die dioptrischen Phänomene der Krystalle mit einer Hauptaxe — dass die Vertheilung der Aethertheilchen, ebenso wie diejenige der Massentheilchen eine mit Beziehung auf die Hauptaxe symmetrische sei, so ergiebt sich daraus, dass senkrecht zur Hauptaxe die Vertheilung und damit die Elasticität des Aethers in allen Richtungen die gleiche sein muss, dass dieselbe in den zur Hauptaxe parallelen Richtungen eine im Maximum hiervon verschiedene sein muss, und dass dieselbe endlich in einer Richtung, welche mit der Hauptaxe den Winkel $\varphi < 90^0$ macht, eine zwischen diesen intermediäre, ihrer Grösse nach von dem Winkel φ abhängige, und dieselbe sein muss, wie in allen gegen die Hauptaxe um denselben Winkel φ geneigten Richtungen.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts ist proportional der Quadratwurzel der Elasticität, nach welcher sich die Schwingungen vollziehen. Lässt man sich eine verticale und eine horizontale Gerade schneiden, trägt auf der ersten vom Schnittpunkt aus nach oben und unten gleiche Längen ab, welche proportional der Quadratwurzel aus der Lichtätherelasticität parallel der Hauptaxe sind, ebenso auf der zweiten Längen, welche der Quadratwurzel der Elasticität des Aethers in der zur Hauptaxe senkrechten

Richtung sind, und beschreibt über Verticale und Horizontale in den angegebenen Längen als Axen eine Ellipse, welche man um die Verticale dreht, so erhält man ein Rotationsellipsoid, vermittelst dessen die Schwingungsrichtungen und Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der den Krystall durchlaufenden Strahlen gefunden werden können. Zu diesem Zwecke legt man senkrecht zum einfallenden Strahl einen Schnitt durch den Mittelpunkt des Rotationsellipsoides: der längste und kürzeste Durchmesser dieses Schnittes geben die Schwingungsrichtungen und die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der durch Doppelbrechung entstehenden Strahlen.

Nun ist ein Schnitt, welcher senkrecht zur Hauptaxe durch das Ellipsoid gelegt wird, ein Kreis, und in diesem sind alle Durchmesser gleich. Für Strahlen, welche demnach parallel der Hauptaxe den Krystall treffen, findet weder eine Zerlegung noch eine Polarisation statt, sondern das Licht durchläuft in diesem Sinne den Krystall ebenso, wie es ein isotropes Medium durchlaufen würde. Die krystallographische Hauptaxe ist also hier eine Richtung einfacher Strahlenbrechung und wird aus diesem Grunde die optische Axe genannt. Sie ist also optisch, wie morphologisch, eine singuläre Axe.

Jeder andere Schnitt durch das Ellipsoid, der also zu irgend einem nicht parallel der Hauptaxe auffallenden Strahle senkrecht stehen würde, wird eine Ellipse werden, deren Form um so gestreckter sein wird, je grösser der Winkel ist, den der einfallende Strahl mit der Hauptaxe macht, und deren Form sich um so mehr dem Kreise nähert, je kleiner dieser Winkel wird. In allen diesen Ellipsen muss der eine Durchmesser sich stets gleich bleiben (es ist der Aequatorialdurchmesser) und gleich sein dem Kreisdurchmesser bei dem Einfall des Lichts parallel der Hauptaxe. Derjenige durch Doppelbrechung entstehende Strahl, welcher parallel diesem Durchmesser schwingt, pflanzt sich also mit einer von der Durchgangsrichtung unabhängigen, in allen Richtungen gleichen Geschwindigkeit fort, verhält sich demnach, wie der Lichtstrahl in einem isotropen Medium, wenn wir von seiner Polarisation absehen und hat einen constanten Brechungsexponenten. Er heisst der ordentliche Strahl (O); nennt man die durch den einfallenden Strahl und die Hauptaxe (optische Axe) gelegte Ebene den optischen Hauptschnitt, so liegen seine Schwingungen senkrecht zum optischen Hauptschnitt.

Der zweite Durchmesser jedes beliebigen elliptischen Schnitts

liegt natürlich im optischen Hauptschnitt: seine Länge ist eine von der Neigung des Schnitts gegen die Hauptaxe abhängige, also wechselnde. Der nach diesem Durchmesser, also im optischen Hauptschnitt schwingende Strahl, wird sich demnach mit wechselnder, von der Einfallsrichtung abhängigen Geschwindigkeit in dem Krystall bewegen, derselbe hat somit keinen constanten Brechungsexponenten; vielmehr muss dieser, da er umgekehrt proportional der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist, wie diese mit der Richtung sich ändern; er wird sich dem Brechungsexponenten des ordentlichen Strahls um so mehr nähern, je weniger die Einfallsrichtung von der Hauptaxe abweicht, ein Maximum der Verschiedenheit bei zur Hauptaxe senkrechtem Einfall erreichen. Den im optischen Hauptschnitt schwingenden, durch Zerlegung des einfallenden Lichts entstehenden Strahl, nennt man den ausserordentlichen (E). Wenn man vom Brechungsexponenten des ausserordentlichen Strahls spricht, so versteht man darunter den Brechungsexponenten bei einer zur Hauptaxe senkrechten Incidenz und bezeichnet ihn mit dem Buchstaben ε, während der Brechungsexponent des ordentlichen Strahls ω genannt wird. Selbstverständlich ist ω wie ε abhängig von der Wellenlänge und daher mit der Farbe des Lichts wechselnd, wie n bei den isotropen Medien.

Wie die krystallographische Hauptaxe länger oder kürzer sein kann, als eine der Nebenaxen, so kann auch die Elasticität in der Richtung der Hauptaxe grösser oder kleiner sein, als senkrecht zu derselben. Ist die Hauptaxe die Richtung grösster Elasticität, so nennt man die Krystalle optisch negativ oder repulsiv und es wird dann der ausserordentliche Strahl weniger stark gebrochen als der ordentliche ($\omega > \varepsilon$), und pflanzt sich mit grösserer Geschwindigkeit fort. Optisch positive Krystalle oder attractiv heissen diejenigen, für welche das umgekehrte Verhältniss gilt, bei denen also $\omega < \varepsilon$.

Denkt man sich in einem Punkte im Innern eines quadratischen oder hexagonalen Krystalls eine Lichtbewegung entstehen, so werden sich von diesem Punkt aus zwei Wellen durch den Krystall hin fortpflanzen, eine ordentliche, welche nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit fortschreitet und deren Oberfläche also in jedem Augenblick eine Kugeloberfläche ist, und eine ausserordentliche, die mit einer von der Richtung in der angegebenen Weise abhängigen Geschwindigkeit fortschreitet und deren Oberfläche daher ein Rotationsellipsoid ist. Bei einem optisch

positiven Krystall dieser Systeme muss die kugelförmige ordentliche Welle die ellipsoidische ausserordentlich umhüllen, bei einem optisch negativen Krystall liegt die erste innerhalb der zweiten. Beide Wellen berühren sich in der Hauptaxe, weil in dieser Richtung beide mit gleicher Geschwindigkeit fortschreiten, da ja die Schwingungen der Aethertheilchen für beide senkrecht zur Hauptaxe liegen, wo die Elasticität nach allen Richtungen die gleiche ist.

Der optische Charakter der Krystalle mit einer Hauptaxe, der quadratischen und hexagonalen, liegt gegenüber dem regulären Systeme und den amorphen Körpern in ihrer Doppelbrechung, gegenüber den Krystallen der übrigen Systeme in dem Vorhandensein einer einzigen, mit der Hauptaxe zusammenfallenden optischen Axe. Man nennt daher die quadratischen und hexagonalen Krystalle zusammenfassend optisch einaxige Krystalle. Die optische Axe dieser Krystalle ist dadurch charakterisirt, dass alle ihr parallel gerichteten Strahlen den Krystall mit gleicher Geschwindigkeit durchlaufen, dass alle senkrecht zu ihr schwingenden Strahlen mit derselben Geschwindigkeit in jeder Richtung sich fortpflanzen und dass endlich jede durch sie gelegte Ebene eine Symmetrie-Ebene für die Wellenfläche ist.

Doppelbrechung in den Krystallen ohne Hauptaxe. Die Erscheinungen bei dem Durchgange des Lichtes durch einen Krystall des rhombischen, monoklinen oder triklinen Systems lassen erkennen, dass die Vertheilung der Aetherelasticität nicht mehr eine zu einem Punkt symmetrische ist, wie bei den isotropen Medien, noch eine zu einer Linie symmetrische, wie bei den einaxigen doppelbrechenden Medien. Sie ist vielmehr eine zu drei Ebenen symmetrische. Ist senkrecht zu einer dieser Ebenen die Elasticität des Lichtäthers die grösste innerhalb dieses Krystalls, so muss es in derselben Ebene eine Richtung geben, welcher parallel die Elasticität des Aethers die kleinste innerhalb dieses Krystalls ist: und wiederum senkrecht zu dieser Richtung der kleinsten Elasticität muss es in derselben Ebene eine Richtung geben, welche einem mittleren Elasticitätsgrade, aber nicht nothwendig dem arithmetischen Mittel, entspricht. Man erhält somit die Vorstellung, dass die Vertheilung der Aetherelasticität innerhalb eines Krystalls ohne Hauptaxe von drei zu einander senkrechten Richtungen abhängt, welche man die drei Elasticitätsaxen nennt, und welche man als Axe der grössten Elasticität (a), als Axe der mittleren Elasticität (b) und als Axe der kleinsten Elasticität (c) unterscheidet. Für das

Fortschreiten der Lichtbewegung in einem Krystall ohne Hauptaxe ergiebt sich Folgendes: Es seien in Fig. 18 die Linien a, b und c in ihrer Länge proportional den Quadratwurzeln aus den Axen der grössten, mittleren und kleinsten Elasticität, also proportional der Lichtgeschwindigkeit senkrecht zu diesen Richtungen bei Schwingungen parallel denselben. Man denke sich vom Schnittpunkt *o* aus eine Lichtbewegung nach allen Richtungen des Raumes fortschreitend und verfolge diese Bewegung zunächst in der Ebene b c. Dann werden sich in der Richtung *o* c zwei Strahlen mit verschiedener Geschwindigkeit fortpflanzen, von denen der eine parallel a schwingend in der Zeiteinheit bis *a* gelangen wird, wenn Fig. 19 $oa = {}^1/_2$ a gemacht wurde, während der zweite Strahl parallel *b* schwingend, in derselben Zeiteinheit bis *b* gelangen wird, wenn $ob = {}^1/_2$ b gemacht wurde. Ebenso werden sich in der Richtung *o* b (Fig. 18) zwei Lichtstrahlen fortpflanzen, von denen der eine parallel a schwingend in der Zeiteinheit den Weg $oa_1 = oa = {}^1/_2$ a (Fig. 19) zurücklegt, während der zweite, parallel c schwingend, den Weg $oc = {}^1/_2$ c macht. In jeder andern Richtung innerhalb der Ebene b c (Fig. 18) werden sich ebenfalls zwei Strahlen fortpflanzen, von denen immer der eine, parallel a schwingend, einen Weg oa_2, oa_3 u. s. w. $= oa = {}^1/_2$ a in der Zeiteinheit zurücklegt, während der zweite, mit einer zwischen b und c liegenden, zu oa_2, oa_3 u. s. w. senkrecht gerichteten Elasticität schwingend, einen Weg macht, welcher $= ob_2$, ob_3 u. s. w. sein wird, wenn wir um *o* (Fig. 19) eine Ellipse mit den Halbmessern $ob = {}^1/_2$ b und $oc = {}^1/_2$ c beschrieben haben.

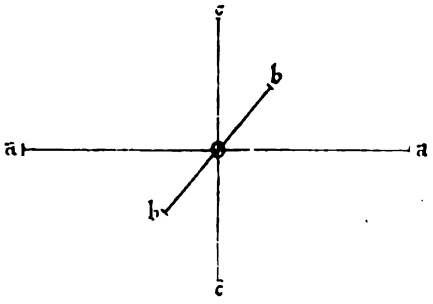


Fig. 18.

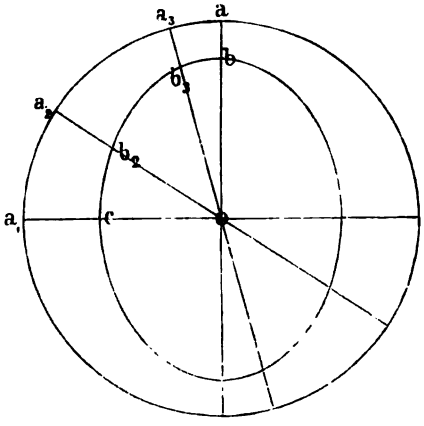


Fig. 19.

Verfolgt man ebenso die Lichtbewegung in der Ebene ab, so werden zunächst in der Richtung ob (Fig. 18) zwei Strahlen sich fortpflanzen, von denen der eine parallel a schwingend, in der Zeiteinheit den Weg $oa = {}^1/_2\, a$ (Fig. 20), der andere parallel c schwingend, den Weg $oc = {}^1/_2\, c$ zurücklegen wird. Die in der Richtung oa (Fig. 18) sich fortpflanzenden Strahlen werden parallel c schwingend, den Weg $oc_1 = {}^1/_2\, c$ (Fig. 20) und parallel b schwingend, den Weg $ob = {}^1/_2\, b$ machen. In jeder andern Richtung der Ebene ab werden gleichfalls je zwei Strahlen sich bewegen, von denen stets der eine parallel c schwingend, gleiche Wege oc_2, oc_3 zurücklegt, während der andere mit einer Elasticität $> b < a$ sich fortpflanzen

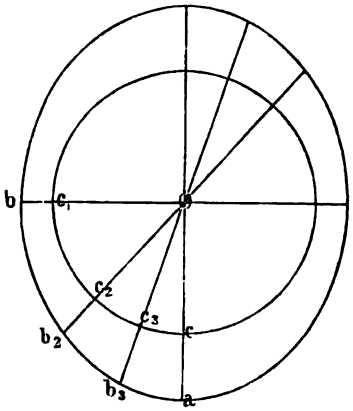


Fig. 20.

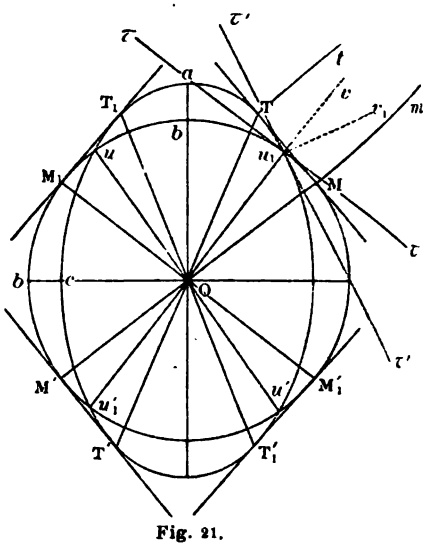


Fig. 21.

wird und also, wenn man über $ob = {}^1/_2\, b$ und $oa = {}^1/_2\, a$ als Halbmesser eine Ellipse construirt, die Wege ob_2, ob_3 u. s. w. zurücklegen muss.

Für die Lichtbewegung in der Ebene ac (Fig. 18) findet man endlich, dass sich vom Punkt o aus in der Richtung oa zwei Strahlen fortpflanzen werden, von denen der eine (Fig. 21) parallel b schwingend, in der Zeiteinheit den Weg ob zurücklegt, während der zweite, parallel c schwingend, die Strecke oc durchläuft. In der Richtung oc wird der parallel b schwingende Strahl den Weg ob, der parallel a schwingende den Weg oa machen. Für die Lichtbewegung in jeder andern Richtung der Ebene ac wird man also die entsprechenden Geschwindigkeiten erhalten, wenn man um

o mit $ob = {}^1/_2$ b einen Kreis und über $oa = {}^1/_2$ a und $oc = {}^1/_2$ c eine Ellipse beschreibt und von o aus den der Richtung entsprechenden Radius zieht. Da der Durchmesser des Kreises gleich der Quadratwurzel der mittleren Elasticität, die Durchmesser der Ellipse gleich den Quadratwurzeln der grössten und kleinsten Elasticität sind, so müssen sich Kreis und Ellipse in 4 Punkten u u_1 u' und u'_1 schneiden. In den Richtungen ou und ou_1 pflanzen sich demnach zwei Strahlen mit verschiedener Schwingungsrichtung aber gleicher Geschwindigkeit fort. Da sie zur verschiedenen Wellen gehören, der eine zur kreisförmigen, der andere zur elliptischen, so werden sie beim Austritt in verschiedener Richtung abgelenkt, der eine nach u_1 v, der andere nach u_1 v_1, wenn diese Richtungen senkrecht zu den Tangenten an den Kreis $(\tau\tau)$ und an die Ellipsen $(\tau'\tau')$ im Punkte u_1 gezogen wurden. — Legt man eine gemeinschaftliche Tangente TM an Kreis und Ellipse, so haben die beiden Strahlen oM und oT dieselbe Wellenebene und werden daher den Krystall als eine einzige Welle in den parallelen Richtungen Tt und Mm verlassen. Und da eine senkrecht zu oM durch TM gelegte Tangentialebene die Wellenoberfläche in einem Kreise berührt, so haben alle Strahlen von o nach der Peripherie dieses Kreises dieselbe Wellenebene und verlassen den Krystall unzerlegt als ein hohler Strahlencylinder, während sie im Krystall auf dem Mantel eines Kegels liegen, dessen Spitze in o sich befindet und dessen Basis der Berührungskreis mit dem Durchmesser TM ist. Umgekehrt wird eine ebene Welle, welche aus einem isotropen Medium in der Richtung senkrecht zu TM den Krystall trifft, innerhalb desselben einen Strahlenkegel erzeugen, dessen Strahlen in allen möglichen Richtungen schwingen und aus ihm dann wieder als ein Strahlencylinder austreten. Die Normale von o auf TM, das ist oM, und ebenso natürlich oM_1 sind demnach Richtungen, in denen Strahlen unzerlegt den Krystall durchlaufen und verlassen und heissen daher optische Axen oder auch Axen der inneren conischen Refraction. Die dem Krystallsysteme ohne Hauptaxe angehörigen Substanzen haben zwei optische Axen und heissen daher optisch zweiaxig. — Die beiden optischen Axen der zweiaxigen Medien unterscheiden sich von der optischen Axe der einaxigen Medien durch ihre Eigenschaft als Axen innerer conischer Refraction und dadurch, dass sie keine Symmetrieaxen des Elasticitätsellipsoides sind.

Die Richtungen ou und ou_1, in denen sich zwei senkrecht zu

einander polarisirte Strahlen mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, sind nach der FRESNEL'schen Theorie Axen der äusseren conischen Refraction, da man in den Punkten u und u_1 an die Wellenoberfläche unendlich viele Tangenten legen kann und also ein in der Richtung ou und ou_1 austretender Strahl zu einem Strahlenkegel werden muss. Man nennt die Richtungen ou und ou_1 wohl auch secundäre optische Axen. — Die optischen Axen stehen senkrecht auf den beiden einzigen Kreisschnitten, die man mit der Axe b als Durchmesser durch das über die drei Elasticitätsaxen (Fig. 18) construirte Elasticitätsellipsoid legen kann.

Für jede Ebene, welche nicht durch zwei Elasticitätsaxen des dreiaxigen Ellipsoids geht, würde man die Lichtbewegung in ähnlicher Weise verfolgen können und würde auch hier für jede vom Mittelpunkt ausgehende Lichtbewegung zwei parallele, mit verschiedener Geschwindigkeit sich fortpflanzende und senkrecht zu einander polarisirte Strahlen erhalten. — Umgekehrt muss natürlich jeder auf ein anisotrop zweiaxiges Medium gelangende Strahl, der nicht parallel einer optischen Axe einfällt, bei senkrechter oder schiefer Incidenz in zwei zu einander senkrecht polarisirte, sich mit verschiedener Geschwindigkeit in verschiedener Richtung fortpflanzende Strahlen zerlegt werden. Nur wenn die Fläche des anisotropen Mediums, auf welche die Strahlen auffallen, einer Symmetrie-Ebene des Elasticitätsellipsoides entspricht, werden sich bei senkrechter Incidenz die beiden durch Doppelbrechung entstehenden Strahlen in paralleler Richtung fortpflanzen. Die Schwingungsrichtungen der durch Doppelbrechung entstehenden Strahlen können hier durch dieselbe Construction gefunden werden, wie bei den einaxigen Krystallen. Man legt durch das dreiaxige Elasticitäts-Ellipsoid senkrecht zum einfallenden Strahl einen Schnitt, welcher für die angenommenen Einfallsrichtungen stets eine Ellipse ist; die beiden Axen dieser Ellipse geben die Schwingungsrichtungen und die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden Strahlen.

Vergleicht man nach dem Gesagten die beiden durch Doppelbrechung entstehenden Strahlen in einem anisotrop zweiaxigen Medium mit denen in einem anisotrop einaxigen Medium, so erkennt man sofort, dass keiner dieser Strahlen mehr eine constante Fortpflanzungsgeschwindigkeit, also auch keinen constanten Brechungsexponenten mehr hat, vielmehr diese Grösse für beide Strahlen mit der Richtung wechselt, sie sind also beide ausserordentliche Strahlen. Trotzdem nennt man auch hier den einen Strahl den

ordentlichen, den andern den ausserordentlichen, nach Analogie der Strahlen in einem optisch einaxigen Medium.

Man unterscheidet in den zweiaxigen Medien drei Hauptbrechungsexponenten und nennt α den Brechungsexponenten solcher Strahlen, welche sich senkrecht zu a mit Vibrationen parallel a fortpflanzen; dann ist β der Brechungsexponent für die sich senkrecht zu b mit Vibrationen parallel b fortpflanzenden und ebenso γ der Brechungsexponent für die parallel c schwingenden und sich senkrecht zu c fortpflanzenden Strahlen. Es besteht natürlich, wenn v die Lichtgeschwindigkeit in Luft ist, die Relation

$$\alpha = \frac{1}{a} \cdot v$$
$$\beta = \frac{1}{b} \cdot v$$
$$\gamma = \frac{1}{c} \cdot v$$

da die Brechung umgekehrt proportional der Lichtgeschwindigkeit ist. Diese Brechungsexponenten werden entweder nach bekannten Methoden an Prismen, deren brechende Kante parallel a, b und c ist, durch Ablenkung der einfallenden Strahlen oder an reflectirenden Platten durch Totalreflexion gemessen, können aber auch an planparallelen Platten analog der bei isotropen Medien angegebenen Methode bestimmt werden. Auch diese Brechungsexponenten ändern sich selbstverständlich mit der Wellenlänge des Lichtes.

Fig. 21 zeigt, dass die Ebene der optischen Axen in einem zweiaxigen Medium stets in der Ebene der grössten und kleinsten Elasticität dieses Mediums liegen muss und dass die Winkel der beiden optischen Axen von den Axen der grössten und kleinsten Elasticität halbirt werden müssen. Man nennt desshalb diese beiden Elasticitätsaxen gewöhnlich die Bissectricen und unterscheidet die erste oder spitze Bissectrix, die Halbirungslinie des spitzen Winkels der optischen Axen, von der zweiten oder stumpfen Bissectrix, der Halbirungslinie des stumpfen Winkels der optischen Axen. Die Axe der mittleren Elasticität steht senkrecht auf der Ebene der optischen Axen und heisst die optische Normale.

Der Winkel der optischen Axen unter einander und damit der Winkel jeder von ihnen mit einer Bissectrix ist bedingt durch den relativen Werth von a, b und c, also auch von α, β und γ. Nennt man V den Winkel der einen optischen Axe mit der Axe kleinster Elasticität, so besteht die Relation

$$\cos V = \sqrt{\frac{b^2-c^2}{a^2-c^2}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{\beta^2}-\frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2}-\frac{1}{\gamma^2}}}$$

Da nun der Werth von α, β und γ mit der Wellenlänge des Lichtes sich ändert, so muss auch der Winkel der optischen Axen unter sich und gegen die Bissectrix sich mit der Wellenlänge ändern. Man bezeichnet das als die Dispersion der optischen Axen $V\varrho \gtrless V v$, d. h. der Winkel einer optischen Axe für rothes Licht mit der Bissectrix ist grösser oder kleiner, als derjenige für blaues Licht.

In jedem elliptischen Schnitt durch das dreiaxige Ellipsoid der zweiaxigen Medien, welcher nicht senkrecht zur Ebene der optischen Axen liegt, müssen sich die optischen Axen mm und $m_1 m_1$ (Fig. 22) symmetrisch zu den Durchmessern der Ellipse projiciren, welche also ihre Bissectricen darstellen. Da nun die Ellipsenaxen die Schwingungsrichtungen der durch Doppelbrechung eines senkrecht zur Ellipse auffallenden Strahles entstehenden beiden polarisirten Strahlen sind, so wird man die oben gegebene Regel für die Schwingungsrichtungen der beiden Strahlen auch dahin formuliren können, dass die Schwingungsebenen der beiden Strahlen die Winkel der optischen Axen halbiren. Man findet also die Schwingungsrichtung der durch Doppelbrechung entstehenden Strahlen bei senkrechtem Einfall des Lichtes auf eine Krystallfläche, wenn man durch den Strahl (die Flächennormale) und die optischen Axen zwei Ebenen legt und deren Winkel durch eine Fläche halbirt. Die Schwingungen des einen Strahles liegen dann in dieser Ebene senkrecht zum Strahl. Die Schwingungsebene des zweiten Strahles ist dadurch gegeben, dass sie senkrecht auf der des ersten steht. Nennt man die halbirende Ebene den optischen Hauptschnitt der zweiaxigen Krystalle nach Analogie des durch Strahl und optische Axe gehenden Hauptschnittes der einaxigen Medien, so heisst auch hier der senkrecht zum optischen Hauptschnitt schwingende Strahl der ordentliche, obgleich er sich nicht wie der ordentliche Strahl eines einaxigen Mediums verhält; ebenso heisst der im Hauptschnitt schwingende Strahl auch hier der ausserordentliche. — Liegt der

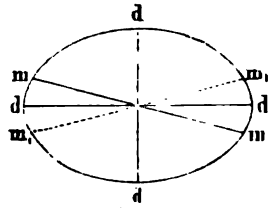


Fig. 22.

elche Durchschnitt senkrecht zur Ebene der optischen Axen,

dann fallen natürlich diese, die Bissectrix und der optische Hauptschnitt zusammen.

Werden zwei der drei Elasticitätsaxen eines zweiaxigen Mediums nahezu gleich, so wird der Winkel der optischen Axen kleiner und kleiner; er wird = o und beide Axen fallen zusammen unter sich und mit der dritten Elasticitätsaxe, sobald der Unterschied der zwei Elasticitätsaxen = o geworden ist. Dieser theoretische Übergang zweiaxiger Medien in einaxige kann dadurch stattfinden, dass $b = c$ wird, oder dadurch, dass $a = b$ wird. Im ersten Fall entstände ein negativer, im zweiten ein positiver optisch einaxiger Krystall; man bezeichnet daher auch bei optisch zweiaxigen Krystallen diejenigen als negativ, bei denen die Axe grösster Elasticität, und diejenigen als positiv, bei denen die Axe kleinster Elasticität spitze Bissectrix ist.

Optische Charakteristik der drei Krystallsysteme ohne Hauptaxe. Wie die Krystallsysteme ohne Hauptaxe gegenüber den isotropen Medien durch ihre Doppelbrechung, gegenüber den Krystallen mit einer Hauptaxe durch ihre zwei optischen Axen gemeinschaftlich charakterisirt sind, so unterscheiden sie sich von einander durch die Orientirung ihres Elasticitätsellipsoids gegen die krystallographischen Constanten und die hierdurch bedingten Dispersionen.

Im rhombischen Krystallsystem fallen, wie es die Congruenz der morphologischen und physikalischen Symmetrie erfordert, die drei Elasticitätsaxen (a, b, c) mit den krystallographischen Symmetrieaxen (a, b, c) zusammen, so zwar, dass je irgend eine mit irgend einer der andern coincidirt, ohne dass jedoch irgend welche Beziehung zwischen den relativen Längen der beiden Gruppen von Axen bestände. Eine solche Relation ist schon dadurch ausgeschlossen, dass die Wahl der vertikalen Axe und die Wahl der Grundform willkürlich ist. Damit aber, dass jede Elasticitätsaxe mit einer krystallographischen Symmetrieaxe zusammenfällt, ist eine eigentliche Dispersion der Elasticitätsaxen (Bissectricen) ausgeschlossen. Das hindert jedoch nicht, dass in ein und demselben Krystall, wie z. B. im Brookit, die Bissectricen der optischen Axen für Licht verschiedener Wellenlänge mit verschiedenen krystallographischen Symmetrieaxen coincidiren können. — Die Ebene der optischen Axen liegt stets in einem der Pinakoide und die optischen Axen für das Licht verschiedener Wellenlängen sind symmetrisch um die beiden Bissectricen dispergirt. Fig. 23 ist das optische

Schema eines rhombischen Krystalls ($\infty P . oP$) mit optisch negativem Charakter, dessen Axen im makrodiagonalen Hauptschnitt mit der vertikalen Axe als erster Bissectrix liegen. Die Dispersion ist $\varrho > v$.

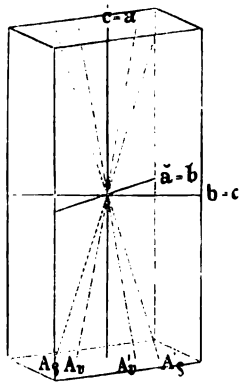


Fig. 23.

Im monoklinen System ist nur noch eine der sogenannten Krystallaxen, die Orthodiagonale b eine wirkliche Axe, d. h. die Normale auf einer Symmetrie-Ebene. Dieselbe muss daher stets mit einer der Elasticitätsaxen zusammenfallen und diese Elasticitätsaxe kann natürlich keine Dispersion erleiden, sie ist Elasticitätsaxe für Licht jeder Wellenlänge. Die beiden andern Axen müssen alsdann, weil senkrecht zu b, in der Symmetrie-Ebene, dem Klinopinakoide, liegen, und erleiden, weil sie keinen morphologischen Symmetrieaxen entsprechen, eine im Allgemeinen kleine Dispersion, so dass sie also für Lichtstrahlen verschiedener Farbe eine verschiedene Lage haben. Die Ebene der optischen Axen muss in der Symmetrie-Ebene oder senkrecht zu dieser liegen, da ja in jedem Falle b eine Elasticitätsaxe ist. Man unterscheidet nach dem optischen Werthe von b zwei Gruppen von Krystallen:

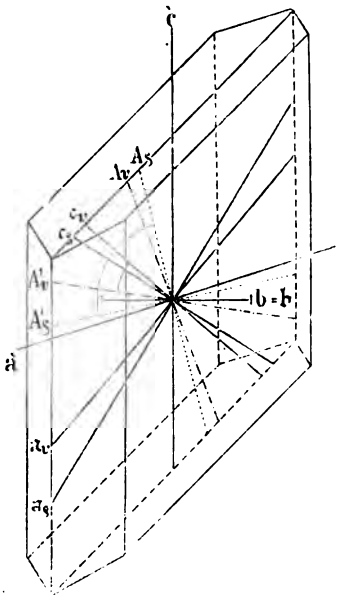


Fig. 24.

1) b = b. die Orthodiagonale ist Axe mittlerer Elasticität; sie ist es für alle Farben. Die Axen grösster und kleinster Elasticität (Bissectricen) liegen für verschiedene Farben dispergirt in der Symmetrie-Ebene, in welcher auch die optischen Axen für die verschiedenen Farben symmetrisch um die zugehörigen Bissectricen dispergirt sind. Es giebt keine gemeinschaftliche Bissectrix mehr für alle Wellenlängen. Man nennt diese Art der Dispersion geneigte Dispersion. Fig. 24 giebt das Schema eines optisch positiven Krystalls mit geneigter Dispersion, worin c_ϱ (die positive Bissectrix

für rothe Strahlen) stärker gegen die vertikale Axe geneigt ist als c_r (die positive Bissectrix für blaue Strahlen). Die geneigte Dispersion stellt die verbreitetste Form der optischen Orientirung monokliner Krystalle dar: die Krystalle mit symmetrischer Axenlage.

2) $b = a$ oder c. Die Orthodiagonale ist Axe der grössten oder kleinsten Elasticität und also eine der beiden Bissectricen. Dann muss die Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrie-Ebene liegen, und man hat die Krystalle mit normal symmetrischer Axenlage. Dieselben theilen sich in zwei Gruppen, je nachdem die Orthodiagonale stumpfe oder spitze Bissectrix ist. — Ist die Orthodiagonale stumpfe Bissectrix, so kann eine Dispersion dieser nicht statthaben; es müssen also die Ebenen der optischen Axen für

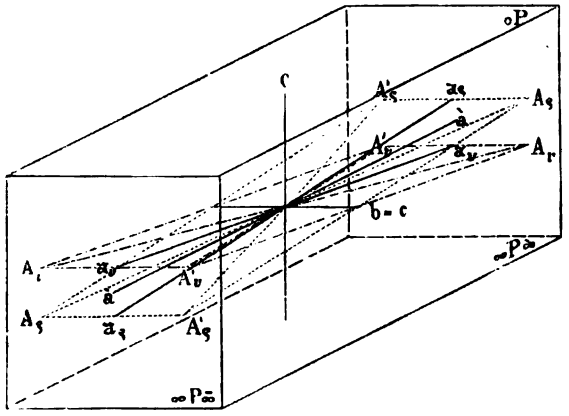


Fig. 25.

alle Farben durch die Axe b gehen. Die Dispersion beschränkt sich auf die spitze Bissectrix und die Axe mittlerer Elasticität. In der Richtung senkrecht zu b gesehen, liegen die Ebenen der optischen Axen für verschiedene Wellenlängen horizontal übereinander, weshalb man diese Form der Dispersion die horizontale Dispersion genannt hat. Das Schema einer solchen zeigt Fig. 25. — Wenn die Orthodiagonale oder Symmetrieaxe spitze Bissectrix ist, also nur die in der Symmetrie-Ebene liegenden Elasticitätsaxen, zweite Bissectrix und Normale, dispergirt werden können, so müssen sich die senkrecht auf der Symmetrie-Ebene stehenden Ebenen der optischen Axen durchkreuzen. Fig. 25 zeigt diese Art der Dispersion, die man die gekreuzte Dispersion

nennt, wenn man in der Richtung der Axe *b* blickt. Die horizontale und gekreuzte Dispersion treten also stets zusammen auf und es hängt nur von der Grösse des Axenwinkels ab, ob man einer Substanz die eine oder andere Art dieser Dispersionen zuschreibt. Man nennt bei der optischen Charakteristik stets die um die spitze Bissectrix vorhandene Dispersion.

Da im triklinen oder asymmetrischen System die sogenannten Krystallaxen sämmtlich willkürlich gewählte Coordinaten sind, so kann irgend eine gesetzmässige Beziehung zwischen den optischen Elasticitätsaxen und den Krystallaxen nicht mehr bestehen. Im Allgemeinen werden diese Richtungen nicht zusammenfallen. Es tritt aus demselben Grunde eine Dispersion aller drei Elasticitätsaxen ein und die Elasticitätsellipsoide für das Licht mit verschiedener Wellenlänge haben demnach keine Axe mehr gemeinsam. Das bedingt das gleichzeitige Vorhandensein mehrerer Axendispersionen.

Einfluss von Temperatur und Druck auf die Doppelbrechung. Wie bei den isotropen Medien der Brechungsexponent mit der Temperatur und dem Druck sich ändert, so zeigt sich auch bei den anisotropen Substanzen eine Abhängigkeit der optischen Constanten von Druck und Wärme, welche sich theils durch einen Wechsel in der absoluten Grösse des einer bestimmten Elasticitätsaxe zugehörigen Brechungsexponenten und damit in der relativen Grösse der zwei oder drei einer anisotropen Substanz eigenen Hauptbrechungsexponenten, theils in einer Veränderung der Lage der optischen Constanten kundgiebt. Bei der praktischen Schwierigkeit der directen Messung solcher im Allgemeinen doch nicht sehr grossen Aenderungen bedient man sich zur Bestimmung derselben gewisser leicht wahrnehmbarer und ziemlich genau messbarer Veränderungen in gewissen Interferenzphänomenen, welche anisotrope Medien in parallelem und convergentem polarisirtem Lichte wahrnehmen lassen.

So lange die Temperaturänderungen in allen Theilen eines anisotropen Medium die gleichen sind und der molekulare Bau desselben, beziehungsweise seine chemische Zusammensetzung dieselben bleiben, verlaufen alle Veränderungen des optischen Elasticitätsellipsoids so, dass dasselbe bei jeder Temperatur denselben, der Krystallform des Mediums entsprechenden Grad von Symmetrie besitzt. Es bleibt demnach bei jeder Temperatur das Rotationsellipsoid der einaxigen Substanz ein Rotationsellipsoid und geht niemals für alles Licht gleichzeitig in eine Kugel über, noch wird

dasselbe das dreiaxige Ellipsoid der zweiaxigen Medien. Vielmehr leiten sich alle Veränderungen lediglich von einem Wechsel in der relativen Grösse der, ihrer Lage nach constanten, grossen und kleinen Axe des Rotationsellipsoids ab; dasselbe erleidet also nur polare Abplattung, resp. äquatoriale Contraction. — Ebenso bleibt die dreiaxige Elasticitätsfläche der zweiaxigen Körper bei jeder Temperatur eine solche, oder kann vielmehr höchstens für eine jede Wellenlänge nur bei verschiedenen Temperaturen, niemals für alle Wellenlängen bei gleicher Temperatur ein Rotationsellipsoid werden. Auch die Lage der Elasticitätsaxen ist so lange unveränderlich, wie sie mit krystallographischen Symmetrie-Axen zusammenfallen. Daraus ergiebt sich, dass bei einem rhombischen Körper die durch Erwärmung zu erzielenden optischen Veränderungen sich auf den relativen Werth der drei Elasticitätsaxen und damit auf die Grösse des Winkels und die Lage der Ebene der optischen Axen beschränken müssen. Die Beobachtungen von Pfaff*. Fizeau**, Des Cloizeaux, Mallard*** u. A. bestätigen diese Gesetzmässigkeiten. — Bei den monoklinen Krystallen kann zu den gerade hier oft bedeutenden Veränderungen in dem relativen Werth der drei Hauptbrechungsexponenten und dem hierdurch bedingten Winkel der optischen Axen nicht nur ein Uebergang der optischen Axenebene aus normal-symmetrischer in symmetrische Lage oder umgekehrt stattfinden, sondern es kann sich das dreiaxige Elasticitätsellipsoid auch um die ihm selbst und dem Krystall gemeinsame Symmetrieaxe drehen und also eine Veränderung in der Lage zweier Elasticitätsaxen stattfinden. Bei manchen Substanzen, wie bei Glauberit und Gyps treten derartige durchgreifende Veränderungen schon bei verhältnissmässig niedriger Temperatur (unter 100° C), bei anderen wie Orthoklas nach den Untersuchungen von Des Cloizeaux† und Ch. E. Weiss††, bei Brewsterit nach W.

* Pogg. Ann. CXXIII. 1864. 179.

** Pogg. Ann. CXIX. 1863. 87 u. 297; CXXIII. 515.

*** De l'action de la chaleur sur les substances cristallines. Bull. Soc. min. 1882. V. 144.

† Ann. des Min. sér. VI. vol. II. 1862. pag. 327. Ann. de Chim. et de Phys. 1863. 191 und Pogg. Ann. CXIX. 1863. 481; ferner Nouvelles Observations etc. von demselben Verfasser in einem Mémoire lu à l'Académie des Sciences, dans la séance du 27 Octobre 1862 und Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux naturels ou artificiels et sur les variations que ces propriétés éprouvent sous l'influence de la chaleur. Mém. prés. à l'Institut de France XVIII. 1867.

†† Beiträge zur Feldspathbildung etc. Haarlem. 1866.

Klein* erst bei höheren Temperaturen ein. Im Allgemeinen stellt sich mit rücklaufender Temperatur der ursprüngliche optische Zustand wieder her: doch lässt sich z. B. beim Feldspath durch hinreichende und lange Erhitzung die neugeschaffene optische Orientirung zu einer permanenten machen. — Im triklinen System besteht eine Beschränkung der durch Erhitzung zu bewirkenden optischen Veränderungen theoretisch nur noch in so ferne, dass bei jeder Temperatur die Aetherelasticität durch ein dreiaxiges Ellipsoid ausdrückbar sein muss; die Grösse und Lage der drei Axen desselben ist theoretisch durchaus variabel. Bei den wenigen nach dieser Richtung hin untersuchten triklinen Substanzen trifft man in Wirklichkeit eine grosse Constanz in den optischen Verhältnissen bei Temperaturschwankungen.

Ein gleichmässig und allseitig wirkender Druck müsste optische Effecte hervorbringen, welche den gleichen Gesetzmässigkeiten unterliegen würden.

Unter andere Gesichtspunkte fallen die optischen Veränderungen, welche eine die chemische Zusammensetzung alterirende Erhitzung bewirken kann. Die nach dieser Richtung bisher vorliegenden Beobachtungen sind noch wenig zahlreich und beschränken sich auf Zeolithe. E. Mallard** fand, dass die schon von Des Cloizeaux*** wahrgenommene Veränderung in den Winkeln der optischen Axen und ihrer Lage bei dem Heulandit, wenn man denselben bis auf etwa 150° C. erwärmt, mit dem Verlust von 3 Aequivalenten Wasser verbunden ist. An der Luft nimmt das Mineral nach dem Sinken der Temperatur das verlorene Wasser wieder auf und in gleichem Schritt mit dieser Wasseraufnahme kehrt auch die ursprüngliche optische Orientirung zurück, während die erwärmte und optisch veränderte Lamelle ihre ursprüngliche Orientirung nicht wieder annimmt, wenn man dieselbe in Canadabalsam einbettet und dadurch die Wiederaufnahme des ausgetriebenen Wassers verhindert. Wird die Erwärmung bis auf etwa 180° C. getrieben, so wird der Heulandit trübe, verliert auch die letzten beiden Aequivalente Wasser und zugleich die Fähigkeit, den verlorenen Wassergehalt aus der Luft wieder aufzunehmen und damit in den ursprünglichen optischen

* Beiträge zur Kenntniss der optischen Aenderungen in Krystallen unter dem Einfluss der Erwärmung. Z. X. 1884. IX. 38.

** De l'action de la chaleur sur la Heulandite. Bull. Soc. minér. Fr. 1882. V. pg. 255.

*** Manuel de minéralogie pg. 426.

Zustand zurückzukehren. Aehnliche Beobachtungen machte Mallard am Beaumontit, Brewsterit, Chabasit und Stilbit. W. Klein (l. c.), welcher gleichfalls den Heulandit, Beaumontit und Brewsterit untersuchte, bestätigte Mallard's Beobachtungen für den Heulandit, fand jedoch, dass die optischen Veränderungen beim Brewsterit wesentlich durch die Temperatur und nicht durch den Wasserverlust bedingt seien, da die ursprüngliche optische Orientirung langsam auch dann nach der Abkühlung wiederkehre, wenn diese unter Verhältnissen vor sich ging, die eine Wasseraufnahme ausschlossen.

In allen bisher besprochenen Fällen vielleicht mit Ausnahme des Brewsterit blieb bei allen Temperaturen das Krystallsystem der untersuchten Substanz und damit die vorhin ausgesprochene Gesetzmässigkeit für die Veränderungen in dem optischen Elasticitätsellipsoid durch Erwärmung erhalten. Nun giebt es aber bekanntlich eine nicht unbedeutende Anzahl sogenannter „mimetischer Krystalle", bei denen die äussere Krystallform in mehr oder weniger grellem Widerspruch mit dem physikalischen, zumal dem optischen Verhalten zu stehen scheint, Substanzen, die sich wohl ausnahmslos durch einen oft sehr complicirten Zwillingsbau auszeichnen. Man nennt dieselben wohl wegen dieses scheinbaren Widerspruchs auch optisch anomale Krystalle. Dahin gehören manche Granate, Alaune, Senarmontit, Boracit, Perowskit, Analcim, Leucit, Tridymit etc. Je nachdem man bei diesen Substanzen von der einen Seite der äusseren Form, von anderer Seite dem optischen Verhalten die grössere Beweiskraft für die Feststellung des Krystallsystemes zugestand, suchte man den anscheinenden Widerspruch entweder durch Spannungsphänomene, welche das der vorhandenen Krystallform normal zukommende physikalische Verhalten gestört haben, oder dadurch zu erklären, dass man annahm, es haben sich sehr viele kleine Individuen von geringerer krystallonomischer Symmetrie durch Zwillingsverwachsungen zu einem Sammelindividuum von scheinbar höherer krystallonomischer Symmetrie verbunden. Die letztere Anschauung liess sich besonders dadurch stützen, dass ausnahmslos die physikalische Symmetrie solcher mimetischer Gebilde eine geringere ist, als die krystallonomische, während sich doch von vornherein kein Grund angeben liess, warum nicht Spannungen ein an und für sich wenig symmetrisches physikalisches Verhalten auch zu einem mehr symmetrischen sollten machen können. Die zahlreichen und wichtigen Studien, welche E. Reusch, Mallard, C. Klein, A. Ben Saude, O. Mügge, A. Merian u. A. über diese

pseudosymmetrischen oder mimetischen Gebilde veröffentlicht haben. und über welche an späterer Stelle referirt werden soll, haben dargethan, dass eine grosse Zahl dieser anscheinenden Anomalien durch Erwärmung zum Verschwinden gebracht werden können. Dieselben haben alsdann ihren Grund darin, dass solche mimetischen Substanzen dimorph sind, und unter den ihre Entstehung begleitenden physikalischen Bedingungen eine Form annahmen, welche nicht die den späteren physikalischen Existenzbedingungen conforme Gleichgewichtslage des Molekulargebäudes ist. Es tritt demzufolge bei veränderten Existenzbedingungen innerhalb der einmal gegebenen und mehr oder weniger erhalten bleibenden starren äusseren Krystallform eine molekulare Umlagerung ein, durch welche eine möglichste Annäherung an die den veränderten Bedingungen entsprechende Gleichgewichtslage erstrebt wird. Ob diese wirklich erreicht wird. d. h. ob die aus der optischen Untersuchung sich ergebende Symmetrie eines mimetischen Körpers wirklich die den jetzigen Druck- und Temperaturverhältnissen entsprechende ist, oder aber ob diese nur durch gewisse Spannungen bedingt ist, welche durch das Anstreben einer neuen molekularen Gleichgewichtslage in einer unnachgiebig starren äusseren Form entstehen muss, das wird im gegebenen Falle nicht immer leicht zu entscheiden sein. Sehen wir z. B., dass eine, nach ihrem goniometrischen Verhalten hexagonale Tafel des Tridymit optisch in Theile zerfällt, welche die Erscheinungen trikliner Durchkreuzungsdrillinge zeigen und finden wir, dass diese Tafel bei hinreichender Temperaturerhöhung das normale optische Phänomen nach der Basis tafelartiger einaxiger Krystalle beobachten lässt, so ist gewiss der Schluss berechtigt, dass wir im Tridymit eine holoëdrisch hexagonale Form der Kieselsäure besitzen und dass diese Form unter gewissen Bedingungen bei hoher Temperatur die normale Form der Kieselsäure darstellt. Ebenso aber wäre der Schluss ungerechtfertigt, dass es auch eine bei gewöhnlicher Temperatur und einfachem Atmosphärendruck bestandfähige trikline Form der Kieselsäure gebe. Vielmehr lassen sich die scheinbaren Zwillingsbildungen, wie das anscheinende trikline optische Verhalten auch durch einen abnormen Spannungszustand erklären, der in der Tridymittafel dadurch entsteht, dass eine molekulare Umlagerung etwa in die Quarzform, oder eine andere unbekannte Modifikation angestrebt, aber nicht erreicht wird, weil die Starre der äusseren Form hindernd entgegentritt. Eine solche Spannung würde ja ähnlich wirken, wie ein einseitiger, oder mehr-

seitig ungleicher Druck. Für eine solche Auffassung lässt sich die oft überraschend leichte Veränderlichkeit der anscheinenden Zwillingsgrenzen in erster Linie anführen. Diejenige Temperatur, welche in einem mimetischen Krystall das der äusseren Form entsprechende optische Verhalten herstellt, hebt also zunächst nur gewisse Spannungszustände auf und stellt auch innerlich eine gewisse Molekularordnung wieder her, welche in der äusseren Form ihren gesetzmässigen Ausdruck findet. Eine wirkliche Aenderung des Krystallsystems durch die Temperatur, wie sie z. B. mit Sicherheit zuerst durch FRANKENHEIM* am Salpeter, durch G. ROSE** und C. KLEIN*** am kohlensauren Kalk, durch MALLARD† am schwefelsauren Kali nachgewiesen wurde, dürfte bei mimetischen Gebilden immer dann vorliegen, wenn sie durch Erwärmung aus dem Zustande der Anisotropie in den isotropen Zustand übergeführt werden, wie Leucit und Boracit.

Einseitiger Druck und ungleichmässige Temperaturerhöhungen verändern die optische Elasticität in abnormer Weise und rufen dadurch einen Widerspruch zwischen der krystallographischen Form und dem optischen Verhalten hervor. Isotrope, also amorphe und reguläre, Körper werden durch einseitigen Druck oder ungleiche Erwärmung anisotrop, und zwar bildet sich darin eine Vertheilung der optischen Elasticität aus, welche bald in einem Rotationsellipsoid, bald in einem dreiaxigen Ellipsoid ihren Ausdruck findet. Sie werden also bald einaxig, bald zweiaxig, und schon BREWSTER†† beobachtete, dass das Eintreten der einen oder andern Veränderung wesentlich durch die Form des isotropen Körpers bedingt wird. KLOCKE††† und BEN SAUDE*† wiesen diesen Zusammenhang besonders deutlich an gespannten Colloiden nach und C. KLEIN hat denselben bei seinen Untersuchungen an optisch anomalen regulären Krystallen in sicherster Weise erhärtet. — Ebenso fand bereits BREWSTER, dass optisch einaxige Krystalle, welche senkrecht zu ihrer optischen Axe gepresst werden, zweiaxig

* Ueber die Isomerie bei dem salpetersauren Kali und dem kohlensauren Kalk. POGG. Ann. XCII. 351. 1854.

** POGG. Ann. Bd. XLII. 361. 1837.

*** Nachrichten der kön. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. 1883. No. 12.

† Bull. Soc. min. Fr. 1882. V. 219.

†† Philos. Transact. 1815 und 1816, und Optics 1835. pg. 242.

††† Nachahmungen der Erscheinungen optisch anomaler Krystalle. Sitzungsber. d. naturf. Ges. in Freiburg i. B. VII. I. 1879.

*† Ueber den Analcim. L. J. 1882. I. 72 sqq.

werden, und Moigno* und Pfaff** wiesen nach, dass bei positiven Krystallen die Ebene der optischen Axen sich parallel, bei negativen senkrecht zur Druckrichtung stellt. Es erklärt sich dieses Verhalten daraus, dass der Druck die Elasticität erhöht und die Ebene der optischen Axen in der Ebene der Axe grösster und kleinster Elasticität liegen muss. Da bei positiven Krystallen c = c ist, so wird durch den Druck die ursprünglich um c allenthalben gleiche grösste Elasticität in der Druckrichtung noch grösser, senkrecht dazu bleibt sie unverändert, die Ebene der optischen Axen geht also durch die Hauptaxe und die Druckrichtung. Umgekehrt ist es, wenn c = a ist. H. Bücking***, der diese Wahrnehmung bestätigte, fand überdiess, dass ein geringer Druck ausreicht, um die Zweiaxigkeit herzustellen, während der Druck bedeutend grösser sein muss, um nach Herstellung der Zweiaxigkeit den Axenwinkel zu vergrössern. Die durch den Druck entstehenden Elasticitätsunterschiede sind also nicht einfach dem Druck proportional. Von zweiaxigen Krystallen untersuchte Bücking den Sanidin und fand, dass ein Druck parallel der Axe mittlerer Elasticität den Winkel der optischen Axen, wenn diese senkrecht zum Klinopinakoid liegen, verkleinert, wenn sie im Klinopinakoid liegen, vergrössert, also wie eine gleichmässige Erwärmung wirkt. W. Klein† that dar, dass auch eine einseitige Erwärmung senkrecht zur Hauptaxe einaxige Krystalle zweiaxig macht und zwar so, dass die Elasticität in der Richtung der Wärmezufuhr kleiner wird. Bei einseitiger Erwärmung von senkrecht zur Bissectrix geschnittenen Platten zweiaxiger Krystalle (Cordierit, Topas) trat eine Deformation des Elasticitätsellipsoides ein, so lange bis die Erwärmung eine gleichmässige wurde; darauf erfolgten die Veränderungen, welche gleichmässig erwärmte Platten wahrnehmen lassen.

c. Untersuchung der Mineralien im parallelen polarisirten Lichte.

Von dem gewöhnlichen Lichte, welches unter allen Bedingungen bei dem Durchgang durch doppeltbrechende Medien in einer andern, als der Richtung einer optischen Axe, eine Zerlegung in zwei zu einander senkrecht polarisirte, sich im Allgemeinen mit verschiedener Geschwindigkeit und in verschiedener Richtung fortpflanzende

* Répertoire d'optique moderne. Paris. 1850.
** Pogg. Ann. CVIII. 598. 1859.
*** Z. X. VII. 1882. pg. 555.
† Z. X IX. 38. 1884.

Strahlen erfährt, unterscheidet sich ein polarisirter Strahl dadurch in wesentlicher Weise, dass diese Zerlegung nicht stattfindet, wenn seine Schwingungsebene parallel oder senkrecht zu dem optischen Hauptschnitt des durchlaufenen doppeltbrechenden Mediums steht. Der polarisirte Strahl erleidet dann nur eine Aenderung seiner Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Bildet dagegen die Schwingungsebene des polarisirten Lichtes mit dem Hauptschnitt des anisotropen Mediums irgend einen andern Winkel, als 0^0 oder 90^0, so tritt die Zerlegung in zwei zu einander senkrechte, sich im Allgemeinen mit verschiedener Geschwindigkeit in verschiedener Richtung fortpflanzende Strahlen genau in derselben Weise ein, wie bei gewöhnlichem Lichte. Der polarisirte Lichtstrahl wird depolarisirt oder vielmehr unpolarisirt. Zufolge der Nichtzerlegung polarisirten Lichtes bei paralleler oder senkrechter Lage seiner Schwingungsebene zum Hauptschnitt des durchlaufenen Mediums und der Interferenz der in allen anderen Fällen durch Zerlegung entstehenden Strahlen nach Reduction ihrer Schwingungen auf dieselbe Ebene zeigen einfachbrechende Medien gegenüber doppeltbrechenden gewisse Verschiedenheiten, und die letzteren gewisse Interferenzphänomene bei Untersuchung im polarisirten Lichte, welche nicht nur eine Unterscheidung der isotropen und anisotropen Medien, sondern auch eine Bestimmung der Lage der optischen Elasticitätsaxen und der optischen Axen gestatten. Da nun diese Lage, wie oben gezeigt, in strengster Beziehung zu dem krystallinen Bau der Medien steht, so ermöglicht die optische Untersuchung eine Bestimmung des Krystallsystems mit derselben, oder vielmehr mit noch grösserer Schärfe, als die goniometrische Untersuchung. Zur Feststellung der Lage der Elasticitätsaxen und der Unterscheidung der isotropen und anisotropen Medien dient vorzüglich die Untersuchung im parallelpolarisirten Lichte, zur Ermittlung der optischen Axen und ihrer Neigung verwendet man convergentes polarisirtes Licht.

Polarisationsinstrumente. Jedes Instrument, welches zur Untersuchung brechender Medien im polarisirten Lichte dient, heisst ein Polarisationsinstrument und besteht bei aller Mannichfaltigkeit der verwendeten Substanzen und ihrer instrumentalen Anordnung aus zwei Theilen. Der erste Theil dient dazu, aus gewöhnlichem Licht polarisirtes Licht zu machen und heisst der Polarisator, der zweite Theil hat die Aufgabe, das polarisirte Licht an und für sich oder nach seinem Durchgange durch das zu untersuchende Medium auf die mit demselben vorgegangenen Veränderungen zu

prüfen, dasselbe zu analysiren und heisst der Analysator. Um das gewöhnliche Licht in polarisirtes umzuwandeln, kann man dasselbe unter dem Brewster'schen Winkel von nicht metallischen, spiegelnden Flächen reflectiren lassen, oder aber man lässt dasselbe ein doppeltbrechendes Medium in anderer Richtung, als der einer optischen Axe durchlaufen. Von den hierbei entstehenden zwei polarisirten Strahlen muss alsdann der eine entfernt werden.

Das einfachste Polarisationsinstrument, die Turmalinzange, besteht aus zwei braunen oder dunkelgrünen, parallel zur Hauptaxe geschliffenen Turmalinplatten, die in Hülsen befestigt sind, welche in Endringen eines scheerenartig gebogenen, federnden Messingdrahtes drehbar sind. Die zu beobachtenden Mineralblättchen werden zwischen den Turmalinplatten eingeklemmt und durch die Federkraft der Zange gehalten. Fällt ein gewöhnlicher Lichtstrahl auf die erste Turmalinplatte, so wird er nach den Gesetzen der Lichtbewegung in anisotropen einaxigen Medien, da die Fortpflanzungsrichtung nicht parallel der optischen Axe liegt, in zwei Strahlen zerlegt, die sich bei senkrechter Incidenz zu einander parallel mit verschiedener Geschwindigkeit, der eine mit Schwingungen parallel der optischen Axe (E), der andere mit Schwingungen senkrecht zu dieser (O) fortpflanzen. Da nun der Turmalin in hohem Grade die Eigenschaft besitzt, die senkrecht zu seiner optischen Axe stattfindenden Schwingungen auszulöschen, also den ordentlichen Strahl zu absorbiren, so tritt bei hinreichender Dicke der Platte aus derselben nur ein Strahl mit Schwingungen parallel $\dot{c}$ aus. Die Turmalinplatte ist also ein Polarisator: das gewöhnliche Licht, welches in sie eintrat, ist durch Doppelbrechung und Absorption des ordentlichen Strahls in polarisirtes Licht von bekannter Schwingungsebene umgewandelt. Stellt man die zweite Turmalinplatte, welche als Analysator dienen soll, so, dass ihre optische Axe parallel derjenigen des Polarisators gerichtet ist, so wird der aus dem Polarisator kommende ausserordentliche Strahl, dessen Schwingungsebene parallel dem Hauptschnitt des Analysators liegt, keine Zerlegung erfahren, sondern mit unveränderter Schwingungsrichtung als ausserordentlicher Strahl auch die zweite Turmalinplatte durchlaufen. Blickt man also durch die beiden Platten in dieser Stellung (mit parallelen Hauptschnitten), so hat man ein gleichmässig grünes oder braunes Gesichtsfeld, als wenn man nur durch eine einzige Turmalinplatte sähe. — Dreht man den Analysator, bis seine Hauptaxe senkrecht zu derjenigen des Polarisators steht, so wird wiederum der aus

diesem austretende ausserordentliche Strahl, dessen Schwingungsebene nun senkrecht zum Hauptschnitt des Analysators steht, unzerlegt und mit unveränderter Schwingungsrichtung in diesen eintreten. Der Strahl durchläuft den Analysator also mit Schwingungen senkrecht zur optischen Axe, d. h. als ordentlicher Strahl: er wird demnach absorbirt und gelangt nicht mehr zum Austritt. Durchblickt man die Turmalinplatten in dieser Stellung (mit senkreht gekreuzten Hauptschnitten), so ist das Gesichtsfeld dunkel. — Bei jeder andern Stellung des Polarisators zum Analysator wird der aus ersterem austretende ausserordentliche Strahl, dessen Schwingungsebene alsdann nicht mehr parallel oder senkrecht zum Hauptschnitt des Analysators steht, in derselben Weise zerlegt werden, wie ein gewöhnlicher Lichtstrahl, d. h. in einen ordentlichen Strahl, welcher senkrecht zur optischen Axe des Analysators schwingt und absorbirt wird, und einen ausserordentlichen, welcher parallel zu derselben schwingt und hindurchgeht. Die durch die Zerlegung des aus dem Polarisator kommenden Lichtes auf den ausserordentlichen Strahl fallende Componente, d. h. die Intensität des aus dem Analysator austretenden Lichtes muss natürlich abhängig sein von der Intensität des auffallenden Strahls und der Neigung der optischen Hauptschnitte von Polarisator und Analysator zu einander. Sie ist proportional dem cosinus dieser Neigung. Sei in Fig. 26 ab der Hauptschnitt des Polarisators, ef derjenige des Analysators, x der von diesen eingeschlossene Winkel, $mg = J$ die Schwingungsamplitüde des aus dem Polarisator austretenden Strahls, so wird dieser, wenn man gh senkrecht auf ef macht, im Analysator in einen senkrecht zu ef mit der Amplitüde hg schwingenden ordentlichen Strahl, welcher absorbirt wird, und einen parallel ef mit der Amplitüde $hm = J_1$ behafteten ausserordentlichen Strahl zerlegt werden, welcher den Analysator durchläuft. Man hat

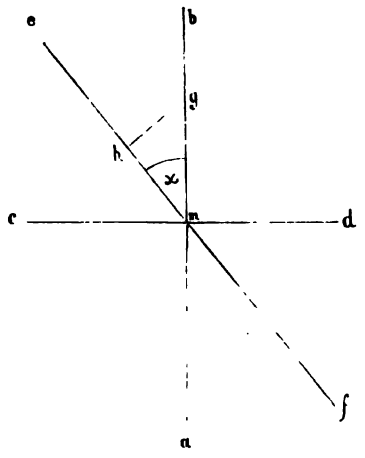


Fig. 26.

$$hm = mg \cdot \cos x$$
$$J_1 = J \cdot \cos x$$

Setzt man in dieser Relation $x = 0^0$, d. h. stellt man die Hauptschnitte von Polarisator und Analysator parallel, so wird $J_1 = J$; für $x = 90^0$, d. h. für senkrecht gekreuzte Hauptschnitte von Polarisator und Analysator hat man, wie oben gesagt, $J_1 = 0$. Die Intensität des Lichtes ist proportional dem Quadrat der Schwingungsamplitüde, und ist also $J_1^2 = J^2 . \cos^2 x$.

Die tiefe Eigenfarbe der Turmaline macht sie ungeeignet zur Verwendung bei mikroskopischen Untersuchungen und man hat dieselben allgemein durch die Nicol'schen Prismen ersetzt. Ein solches Nicol'sches Prisma erhält man aus einem natürlichen Doppelspathspaltungsstück, welches etwa 3 mal länger als dick ist. Die obere und untere Fläche dieses Rhomboëders, welche mit den im Hauptschnitt liegenden Kanten Winkel von 71° und 109° bilden, werden durch solche ersetzt, deren Neigung gegen diese Kanten 68° und 112° beträgt, das Rhomboëder alsdann senkrecht zum Hauptschnitt und den angeschliffenen Flächen durchsägt, und mit den wohl polirten Schlifflächen in der ursprünglichen Stellung vermittelst Canadabalsams wieder zusammengekittet. Den Durchschnitt eines solchen Nicol'schen Prismas nach dem Hauptschnitt giebt Fig. 27. Dasselbe wird aussen geschwärzt und mit Kork in eine Messinghülse gefasst.

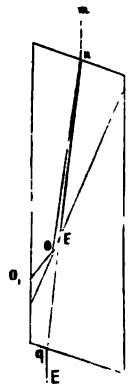


Fig. 27.

Fällt nun parallel der langen Kante des Prismas ein Lichtstrahl *mn* auf die Endfläche desselben, so wird er im Prisma in einen ordentlichen Strahl *n O* mit dem Brechungsexponenten 1.658 und einen ausserordentlichen mit dem bedeutend geringeren Brechungsexponenten 1.486 zerlegt. Der Brechungsexponent des Canadabalsams ist 1.536; daraus ergiebt sich der Grenzwinkel für den Uebergang des ordentlichen Strahls zu 67° 53'. Da nun der Einfallswinkel desselben $= 90^0 - 68 = 22^0$, so wird der Brechungswinkel im Kalkspath = 13° 4' und der Einfallswinkel mit dem Loth auf der Balsamschicht = 76° 56' und es muss somit der ordentliche Strahl eine Totalreflexion in der Richtung $O O_1$ erfahren. Der ausserordentliche Strahl durchläuft die Canadabalsamschicht und die zweite Hälfte des Prismas und tritt bei q in der Richtung q E // m n aus. Seine Schwingungsebene liegt parallel der kurzen oder geneigten Diagonale der Endfläche des Nicol'schen Prismas, welche die Gestalt eines Rhombus hat. Zwei Nicol'sche Prismen wirken natür-

lich genau so, wie zwei Turmalinplatten; der aus dem ersten Nicol austretende ausserordentliche Strahl wird in dem zweiten als Analysator dienenden Prisma keine Zerlegung erfahren, wenn dessen Hauptschnitt parallel oder senkrecht zu demjenigen des ersten steht. Bei paralleler Stellung durchläuft der Strahl den Analysator als ausserordentlicher Strahl und erleidet keine Totalreflexion an der Balsamschicht; das Gesichtsfeld ist vollkommen hell. Bei gekreuzter Stellung wird der von dem Polarisator kommende ausserordentliche Strahl im Analysator zu einem ordentlichen und erfährt an der Balsamschicht eine totale Reflexion, das Gesichtsfeld ist dunkel. Bei schiefer Stellung der Hauptschnitte beider Nicols muss auch hier $J_1 = J \cos x$ sein, wenn x die Neigung der Hauptschnitte ausdrückt und die Beleuchtung des Gesichtsfeldes ist $= J^2 . \cos^2 x$.

Man hat neuerdings die ursprüngliche Construction der Nicols in mannichfacher Weise abgeändert, theils indem man an den Kalkspathprismen die Eintrittsfläche senkrecht zur Prismenaxe legte, theils der Schnittfläche eine andere Richtung gab, theils den Canadabalsam durch andere Medien ersetzte. Man erreicht dadurch eine sehr willkommene Kürzung der Prismen und also geringere Schwächung des durchgehenden Lichtes neben vollkommenerer Polarisation auch der schief einfallenden Strahlen. Ueber derartige Constructionen vergleiche man Hartnack und Prazmowski, Ann. de Chimie et de Physique. série 4. tome VII, P. Glan, Repertorium für physikalische Technik. Bd, XVI. 1880 und ganz besonders die ingeniösen Angaben von E. Bertrand, Sur différents prismes polarisateurs im Bull. de la Soc. minér. de France 1884. VII. 339 sqq.

Um ein Mikroskop zu Untersuchungen im polarisirten Lichte geeignet zu machen, fügt man in den Gang der Lichtstrahlen zwischen Spiegel und Object ein Nicol'sches Prisma als Polarisator und zwischen dem Objectiv und dem Auge des Beobachters entweder im Tubus oder über dem Ocular ein zweites als Analysator ein. Ein derart ergänztes Mikroskop pflegt man ein Mikroskop mit Polarisationsvorrichtung zu nennen: es hiesse besser ein Polarisationsmikroskop. Die Einfügung der Nicols ermöglicht die beabsichtigten Zwecke jedoch nur, wenn das Instrument folgenden Anforderungen zu genügen gestattet: 1) das untersuchte Object muss bei feststehenden gekreuzten Nicols bequem in seiner eigenen Ebene centrisch drehbar sein; 2) der Winkel zwischen zwei beliebigen Lagen des Objects muss mit wünschenswerther Genauigkeit abgelesen werden können; 3) die Hauptschnitte der Nicols müssen eine

bekannte, jeden Augenblick nach etwa vorgenommener Verschiebung wieder herstellbare Lage haben. Der Optiker R. Fuess in Berlin construirte wohl zuerst Mikroskope, welche obige Bedingungen erfüllen, und welche Verf. in L. J. 1876. 504 beschrieb. Fig. 28 zeigt dieses ältere Mikroskop in Totalansicht mit Durchschnitt der wichtigeren Theile, Fig. 28 a giebt einen Querschnitt in der Richtung *AB* der Fig. 28.

Die centrische Drehbarkeit des Objects wird bei diesem Instrumente für jede beliebige Combination von Ocular und Objectiv dadurch erreicht, dass der Tubus auf das Drehungscentrum des rotirenden Objecttisches einstellbar ist. Die Tubusführung besteht aus einem festen äusseren Theile, der hülsenartig ein inneres Rohr, den eigentlichen Tubus, umschliesst. Nur bei *cd* ist dieser fest mit seiner äusseren Hülle verbunden. Die rohe Einstellung geschieht durch vertikale Verschiebung des inneren Rohrs mit der Hand, die feine Einstellung wird mit der Mikrometerschraube *gg* bewirkt. Der innere Tubus gleitet nicht an einer Metallwand, sondern es sind an den beiden verstärkten Enden der Tubusführung je drei Schrauben eingesetzt, welche Pergamentblättchen sanft an die Tubuswand andrücken. Dieselben sind im Querschnitt Fig. 28 a sichtbar. Ausserdem dient zur Sicherheit der Schiebung eine Feder *h*, welche jederseits — in Fig. 28 ist sie um 45° in der Axe des Tubussystems zu weit herumgedreht, um sie sichtbar zu machen — je zweien der erwähnten Pergamentblättchen gegenüberliegt und also den Tubus zwingt, sich immer glatt an diese anzulegen. In unbeeinflusster Lage, d. h. ohne Einwirkung der beiden Centrirungsschrauben, von denen in Fig. 28 nur die eine bei *B* sichtbar ist, würde der innere Tubus nicht senkrecht stehen, sondern mit seinem unteren, gewissermassen freihängenden Ende aus der Lothlinie abweichen.

Am oberen Rande des inneren Tubus befindet sich ein kleiner Schlitz, in welchen ein Stift passt, den jedes Ocular an seinem äusseren Mantel in solcher Stellung trägt, dass bei Einfügung desselben in den Schlitz die Arme des Fadenkreuzes im Ocular genau von hinten nach vorn und von links nach rechts laufen.

Der Objecttisch des Mikroskops wird von einer kreisrunden Scheibe gebildet, welche durch einen leisen tangentialen Druck mit dem Finger um ihren Mittelpunkt, der zugleich Centrum des Diaphragma ist, gedreht werden kann. Der Rand dieses drehbaren Tisches ist mit einer Kreistheilung nach ganzen Graden versehen.

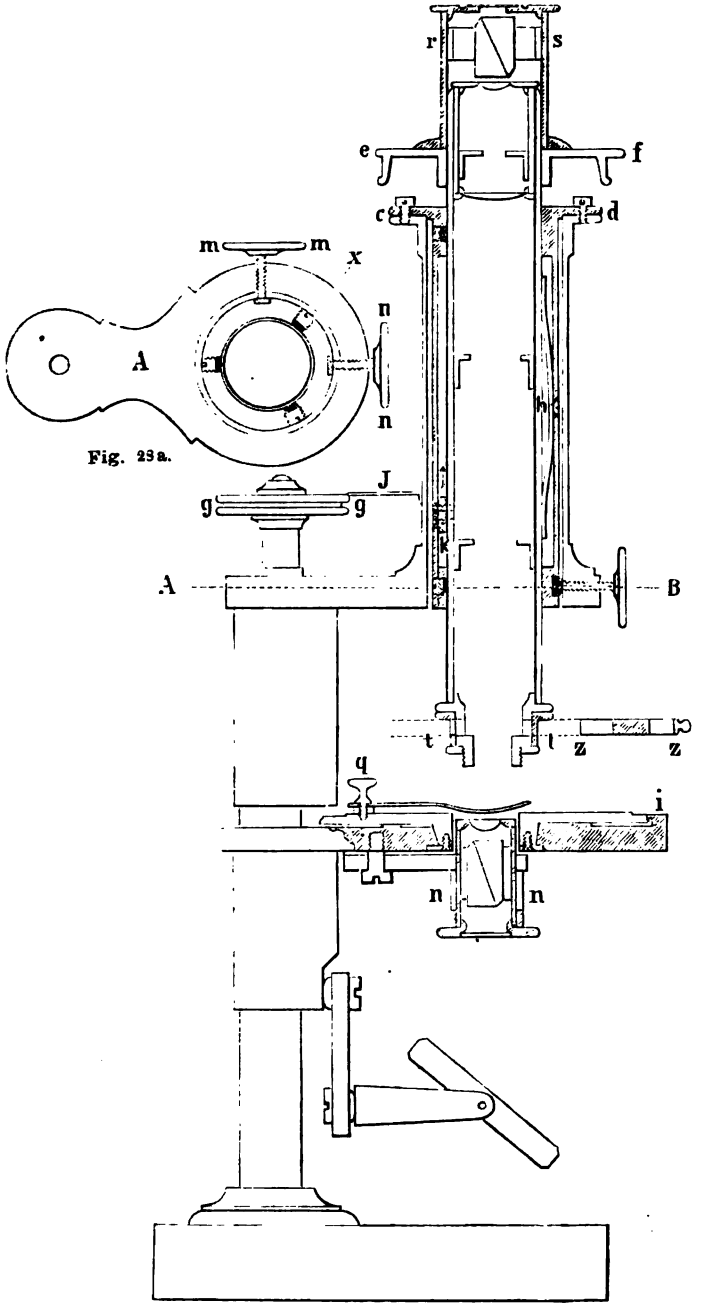


Fig. 23a.

Fig. 28.

und die Grösse einer vollzogenen Drehung kann an dem vorn befindlichen Index oder Nonius i abgelesen werden. Zwei abnehmbare Federn, von denen nur eine bei q in Fig. 28 sichtbar ist, dienen zur Fixirung eines Präparats in bestimmter Stellung. Das von unten her in den Mikroskoptisch einzuführende Nicol nn bleibt bei Drehung des Objecttisches in unverändert fester Stellung. Dasselbe ist ebenfalls an seinem Rande mit einer Kreistheilung nach 10 Graden versehen, während sich an der festen Hülse, in welche es um seine Axe drehbar eingeklemmt ist, ein Index befindet. Bei Einstellung des Nullpunktes oder des Punktes 90° auf den Index der Hülse fällt der Hauptschnitt des Nicols, welches als Polarisator dient, genau mit einem der Fäden des Ocularfadenkreuzes zusammen. Bringt man nun irgend einen Punkt eines Objectes in den durch den Schnittpunkt des Ocularfadenkreuzes bezeichneten Mittelpunkt des Gesichtsfeldes, und dreht dann den Objecttisch um seine Axe, so wird der eingestellte Punkt im Allgemeinen nicht im Centrum des Fadenkreuzes $\alpha\alpha$ und $\beta\beta$ verharren, sondern einen excentrischen Kreis, etwa wie in Fig. 29 beschreiben. Man muss also das Instrument centriren, d. h. vermittelst der Schrauben mm und nn (Fig. 28 a) die optische Axe des Instruments mit der Drehungsaxe des Objecttisches zur Coincidenz bringen. Man sieht aus Fig. 29, dass der Fusspunkt der optischen Axe des Mikroskopes in diesem Falle nicht o, sondern o_1 ist, und man muss also den Punkt o_1 mit o zur Deckung bringen, d. h. mit dem Tubusende den Weg $o_1 o$ beschreiben. Das geschieht dadurch, dass man den Tubus vermittelst der Centrirungsschraube nn (Fig. 28 a) um $o_1 \nu$ und mit der Schraube mm um $o_1 \mu$ verschiebt. Ist das geschehen, dann muss der wieder auf den Schnittpunkt des Fadenkreuzes eingestellte Punkt des Objects bei Drehung des Tisches unverrückt im Schnittpunkte des Fadenkreuzes verharren. Jeder andere Punkt, den man durch Verschiebung des Präparates in den Schnittpunkt des Fadenkreuzes führt, ist natürlich damit auch vollständig centrisch drehbar, so

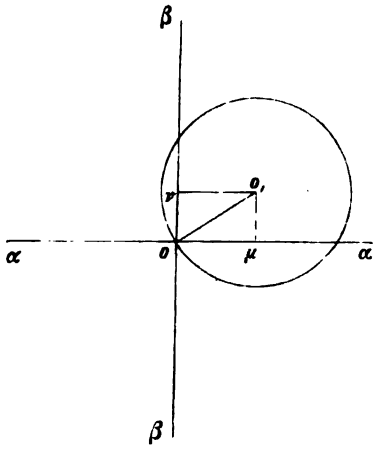


Fig. 29.

lange Objectiv und Ocular nicht gewechselt werden. Da aber niemals genau die Verbindungslinien der Foci der verschiedenen Objectivsysteme mit denen der Oculare zusammenfallen; so wird man nach jedem Wechsel des Systems eine kleine Correctur in der Centrirung des Instruments vornehmen müssen.

Das analysirende Nicol *rs* (Fig. 28) ist in eine Metallhülse derart gefasst, dass es sich bequem über das Ocular stülpen lässt. Der abgeschrägte, mit einer Kreistheilung in je 5° versehene Fuss der Metallhülse ruht auf dem Teller *ef*, auf welchem ein Index eingegraben ist, und die untere Fläche des Nicols steht, wie Fig. 28 zeigt, möglichst nahe über dem Ocular, um die unvermeidliche Verkleinerung des Gesichtsfeldes auf ein Minimum zu beschränken. Wird der Punkt 0° oder 90° der Kreistheilung auf den Index des Tellers eingestellt, so steht der Hauptschnitt des Analysators genau von links nach rechts, oder von hinten nach vorn, fällt also mit einem Faden des Ocularfadenkreuzes zusammen und man kann also rasch und sicher die Hauptschnitte von Polarisator und Analysator parallel oder gekreuzt zu einander richten oder ihnen jede gewünschte Neigung geben und kennt sicher die Lage ihrer Hauptschnitte, welche bei paralleler und gekreuzter Stellung sich mit dem Ocularfadenkreuz zusammenfallend auf das untersuchte Object projiciren. Bei den dem Verf. bekannten Fuess'schen Mikroskopen steht bei Einstellung des Nullpunktes von Polarisator und Analysator auf die bezüglichen Indices der Hauptschnitt des ersteren von hinten nach vorn in der Sagittalebene, der des letzteren von links nach rechts in der Frontalebene des Instrumentes.

Bei *tt* Fig. 28 ist der Tubus durchbohrt und gestattet somit die Einschiebung von später zu besprechenden Hülfsapparaten *zz* (Quarzplatten, Glimmerplättchen, Condensatoren) in den Gang der Lichtstrahlen.

In den letzten Jahren hat derselbe Optiker seine Mikroskope in hohem Grade vervollkommnet. Fig. 30 giebt die Abbildung eines allen Anforderungen der heutigen Mineralogie entsprechenden Instrumentes, dessen wichtigste Abänderungen etwa die folgenden sind.

Der Rand des drehbaren Tisches, welcher in Fig. 31 einzeln dargestellt ist, hat eine Kreistheilung in halben Graden und gestattet gegen zwei feste Nonien die directe Ablesung einzelner Minuten. In den gekerbten Rand greift (Fig. 30) ein Trieb *a* ein, welcher eine langsame Drehung um kleine Winkel und somit sehr genaue Einstellung einer bestimmten Richtung gestattet.

Der drehbare Tisch trägt einen Kreuzschlitten (Fig. 30 u. 31), dessen eine Schraube *s* von $^1/_2$ mm. Steigung eine Kopftheilung von 50 Strichen trägt und also Verschiebungsintervalle von 0.01 mm.

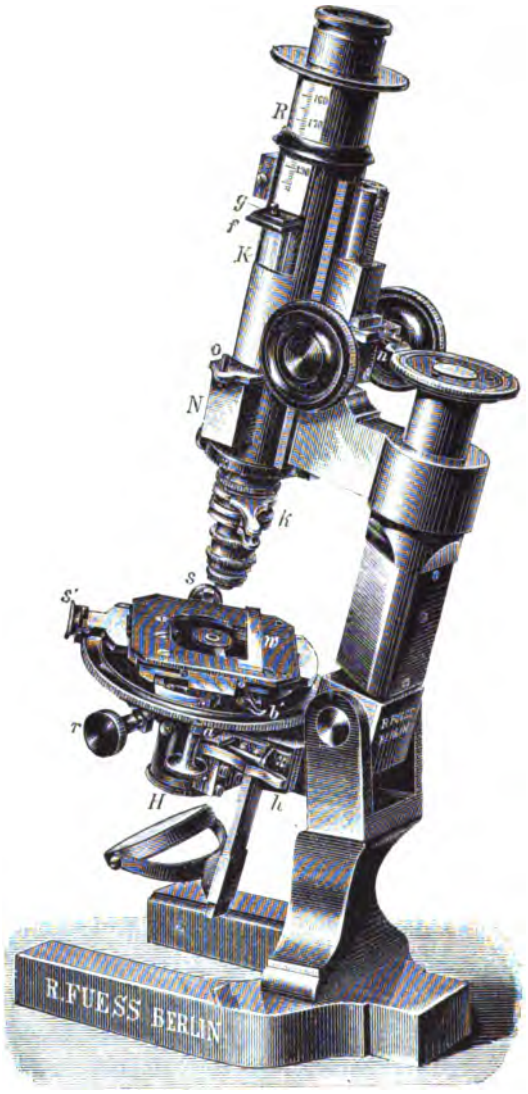


Fig. 30.

anzeigt. Die Schraube s' hat starke Steigung und dient zu rascher Bewegung des gegen die abnehmbare Winkelleiste *w* fixirten Präparates beim Absuchen desselben. — Ein Schlittenschieber an der

festen Platte des Mikroskoptisches trägt eine durch Trieb auf- und niederschiebbare federnde Hülse, welche den Polarisator aufnimmt und in geringen Grenzen durch die Schraube *r* justirt und eingestellt werden kann. Ein Schlitz in der Fassung unterhalb des Nicols kann eine Irisblende aufnehmen behufs Modification des in das Präparat gelangenden Lichtkegels. Oben trägt der Polarisator eine schwache Condensorlinse für die Benutzung der schwächeren Objective. Sie bildet zugleich das untere Glied eines Condensorsystems aus drei Linsen. In der Platte des Objecttisches liegt eine drehbare Scheibe, die einen Arm mit ringförmiger Endigung *b* (Fig. 31) trägt, in welcher die beiden oberen Linsen des Condensorsystemes sich befinden, und einen andern Arm *b'*, durch welchen die Linsen in die Axe des Mikroskops gebracht werden (so sind sie in Fig. 30 u. 31 dargestellt) oder in den Tisch zurückgeschlagen werden können. Befinden sie sich in der ersten Stellung, so greift bei dem Heben des Polarisators die mit diesem fest verbundene Linse unter die Fassung der oberen Linse und führt sie in die Ebene des Objecttisches. Das Condensorsystem besitzt eine numerische Apertur von 1.30. Die beschriebene Construction erlaubt einen äusserst bequemen Uebergang von der Beobachtung im sog. parallelen Licht in diejenige mit stark convergentem Licht, ohne das Präparat im mindesten zu verrücken*.

Fig. 31.

Die Objective werden am Tubus nicht fest geschraubt, sondern, wie bei den NACHET'schen Instrumenten, in eine Klammer *K* eingeschnappt. Ueber dieser Klammer befindet sich im Tubusrohr ein Schlitz zur Aufnahme von Quarz- oder Gypskeilen und anderen Hülfsapparaten. In einem zweiten Ausschnitt im unteren Ende des Tubusrohrs bewegt sich horizontal verschiebbar das analysirende Nicol durch Druck auf die horizontale Leiste *o* mit beiderseitig aufsitzenden Anschlagknöpfchen.

* Eine erste Lösung des Problems des raschen Uebergangs aus der Beobachtung im parallelen zu der im convergenten Lichte gab wohl E. WÜLFING in L. J. 1889. II. 199. Die von ihm in Vorschlag gebrachte Construction kann nachträglich an jedem Instrument angebracht werden.

Der obere Theil des Tubusrohrs wird später beschrieben und besprochen werden, wo die Beobachtung der Interferenzfiguren behandelt wird. Hier ist zunächst nur die Mikrometerschraube zu erwähnen. Zur Führung derselben dient eine starke, prismatische stählerne Säule. Die Schraube hat eine Steighöhe von 0.5 mm. und ihr Kopf ist in 100 Theile getheilt, welche gegen den Nonius *n* am Tubus eine Ablesung des Fünftels des Intervalls, also 0.001 mm. gestattet. Die Bezifferung der Kopftheilung giebt direct den Drehungswerth in Tausendsteln von Millimetern. Diese Vorrichtung findet ihre Verwendung bei Bestimmungen von Brechungsexponenten (vergl. S. 85).

Das Instrument ist umlegbar, die rohe Einstellung geschieht durch Trieb und Zahnstange. Eine detaillirte Beschreibung dieses Mikroskops lieferte R. Fuess in L. J. B. B. VII. 55. 1891.

Die Construction der Nachet'schen Mikroskope (Fig. 32) ist eigenartig und vortheilhaft dadurch charakterisirt, dass das Ocular vom Objectiv vollkommen unabhängig ist. Der Tubus derselben ist durchschnitten und der untere das Objectiv tragende Theil *B* fest mit dem drehbaren Tisch des Mikroskopes verbunden. Das Objectiv folgt also dem Tische bei einer Drehung desselben und damit bleibt jeder in den Schnittpunkt des Fadenkreuzes gebrachte Punkt des Präparats bei jeder Stellung im Centrum des Gesichtsfeldes; er kann sich nicht anders als centrisch drehen. Die rohe Einstellung des Objectivs wird durch Zahn und Trieb oberhalb *L* bewirkt, die Feineinstellung durch die Mikrometerschraube *L*. Der Kopf dieser ist in 100 Theile getheilt und bewegt sich gegen einen Nonius, vermittelst dessen man $^1/_{10}$ Theilstriche ablesen kann: die Höhe des Schraubengangs beträgt 0.25 mm. Die Objective werden nicht eingeschraubt, sondern in sehr bequemer und solider Weise in den unteren Theil von *B* eingeklemmt. — Der obere Theil des Tubus wird von der äusseren, gebogenen Metallsäule der Abbildung fest getragen und wird gleichfalls durch Zahn und Trieb gegen das Objectiv gehoben und gesenkt. Am oberen Ende befindet sich links ein Fenster, durch welches vermittelst des Spiegels *M* das Fadenkreuz im Ocular, welches man in anderen Mikroskopen bei gekreuzten Nicols gar nicht oder nur undeutlich sieht, hell beleuchtet werden kann. Am unteren Ende des Ocularrohrs ist vorn ein zweites grösseres Fenster, in welches der Analysator *A* eingeklappt werden kann. Soll dieser nicht benutzt werden, so kann die Oeffnung für denselben durch eine Manschette geschlossen werden. Ganz am

unteren Ende des Ocularrohrs bei U ist eine Coulisse angebracht, in welche eine Quarzplatte zur Beobachtung in der empfindlichen Farbe, beziehungsweise die BERTRAND'schen Linsen zum Studium

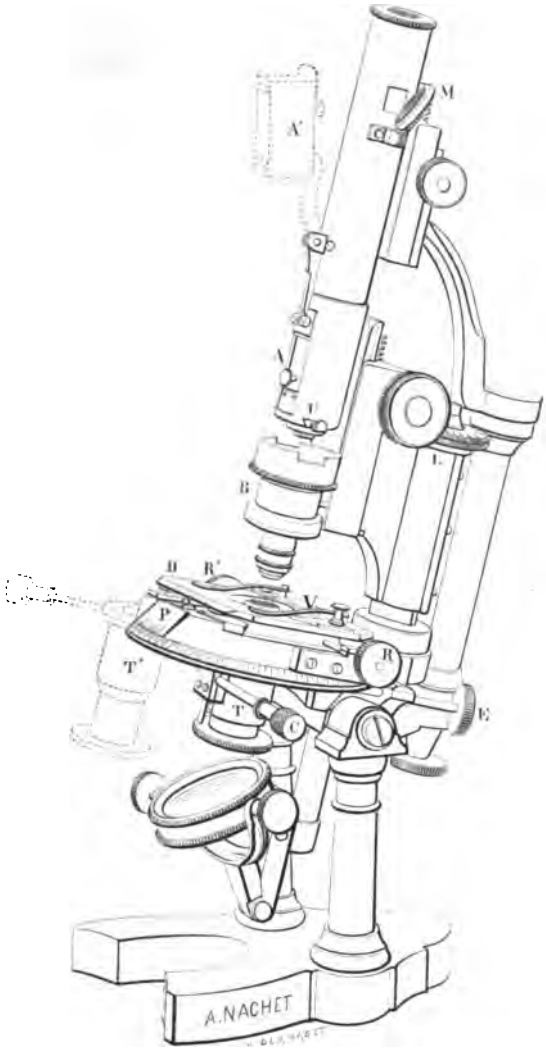


Fig. 32.

der Interferenzfiguren eingefügt und mit dem Ocular gehoben und gesenkt werden können.

Der Mikroskoptisch besteht aus einer runden Scheibe, welche entweder mit der Hand oder durch die Schraube E gedreht wird,

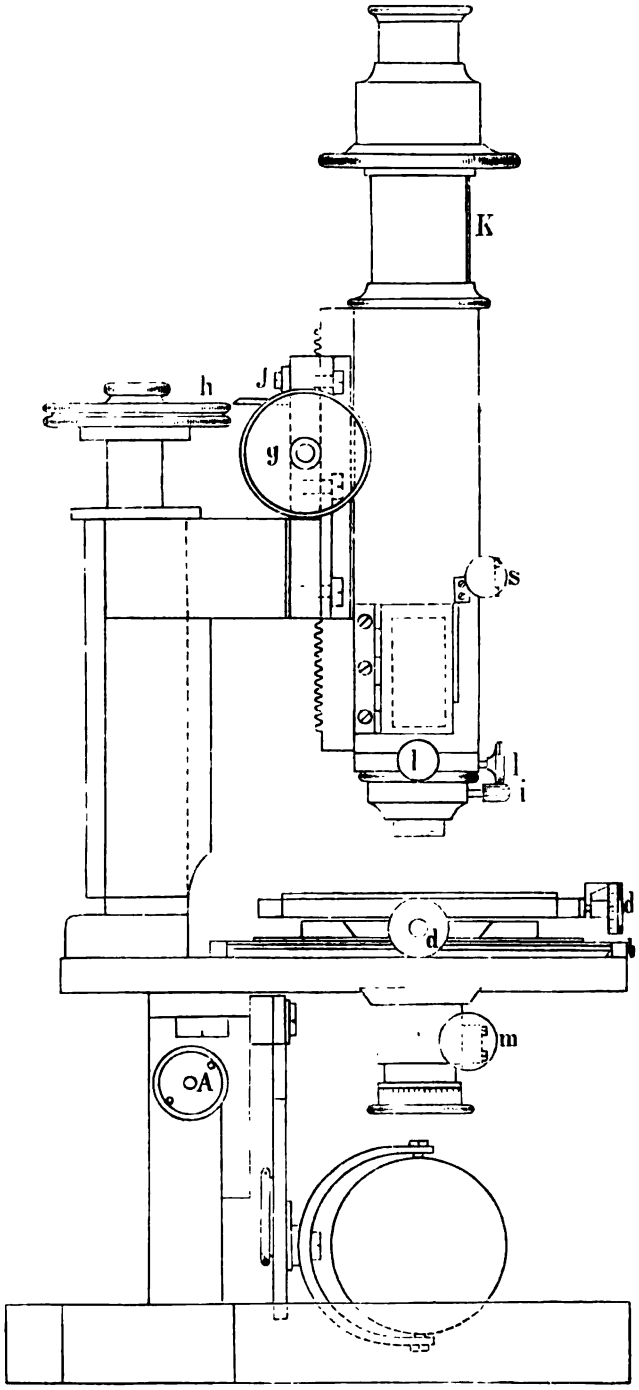


Fig. 33 a.

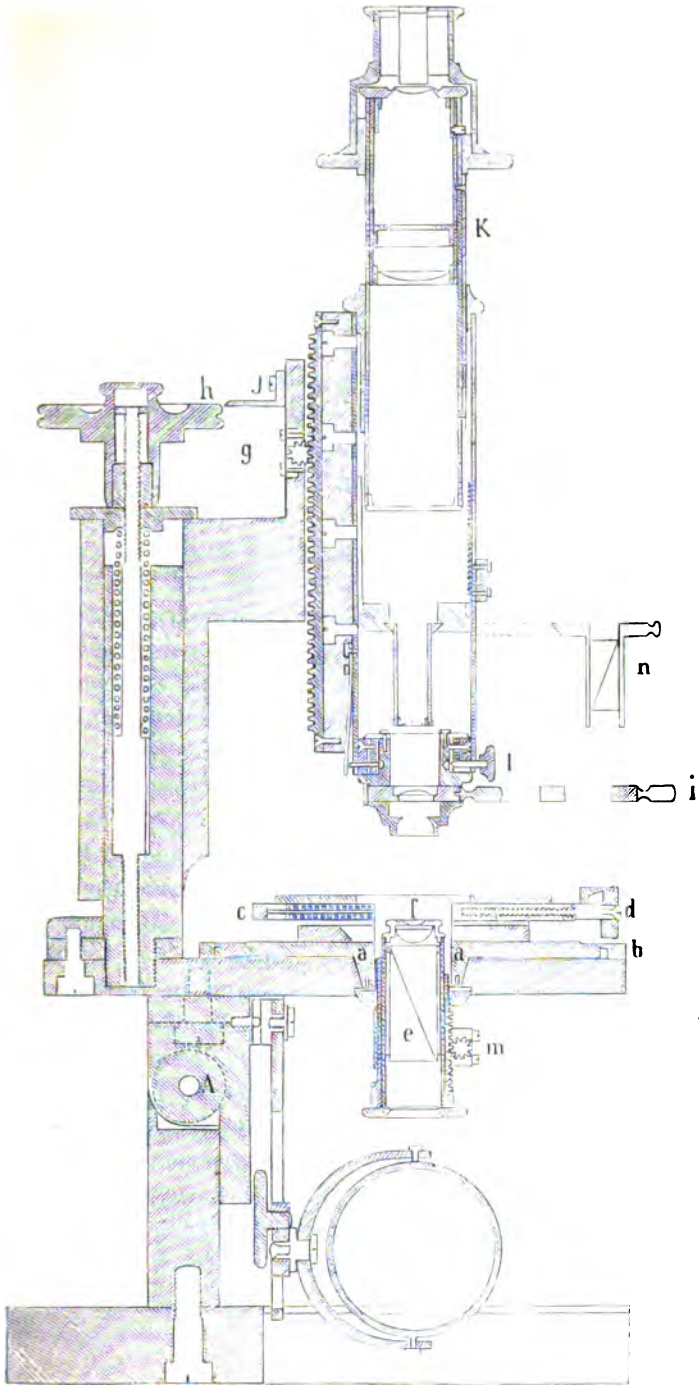


Fig. 33 b.

welche wirkt, wenn man sie nach vorn drückt, und durch einfaches Zurückziehen ausser Wirksamkeit gesetzt werden kann. Die drehbare Scheibe trägt einen Nonius *P*, der sich an der Kreistheilung auf dem Rande der unteren festen Platte des Objecttisches hinbewegt und die Ablesung von $^1/_{10}$ Graden gestattet. Das Präparat liegt nicht direct auf der drehbaren Scheibe, sondern auf dem Schlitten *D*, welcher vermittelst der senkrecht zu einander wirkenden Schrauben *R* und *R'* verschoben werden kann. Man bewegt also das Präparat nicht mit der Hand, sondern mit diesen Schrauben und kann so nach und nach jeden Punkt des Präparats in das Centrum des Gesichtsfeldes bringen, ohne dass irgend eine Stelle des Schliffs der Beobachtung entgehen könnte. Die Verschiebung des Objects durch die Schrauben *R* und *R'* kann an getheilten Linealen abgelesen werden, an denen der Schlitten *D* hingleitet. Das Präparat liegt an der kleinen Leiste *V* an und wird von zwei leichten Federn gehalten.

Unter dem Objecttisch befindet sich das Rohr *T*, welches vermittelst des Triebes *C* gehoben und gesenkt und in letzter Stellung zum Zweck des Wechsels der Beleuchtungsapparate nach rechts in die Lage *T'* herausgeschoben werden kann. In dieses Rohr werden der Polarisator und die für die Beobachtung bei verschiedenen Vergrösserungen und im parallelen oder convergenten Licht geeigneten Condensatorlinsen eingesetzt.

Das Instrument ist reichlich mit den nothwendigen Hülfsapparaten versehen; es hat jedoch keine Vorrichtung zum Erwärmen der Präparate. Verf. bedient sich seit Jahren eines solchen Instrumentes und hatte mehrfach Gelegenheit, Instrumente dieser Firma zu prüfen. Die Ausführung der optischen Theile, sowie der Mechanik war stets eine vorzügliche.

Die Mechaniker Voigt und Hochgesang in Göttingen haben neuerdings ein grösseres Mikroskop nach Angaben von C. Klein* construirt, welches den grössten Theil der Nachet'schen und Bertrand'schen Verbesserungen adoptirt, aber z. Th. in etwas veränderter Form verwendet hat. Das Fig. 33 a in der Seitenansicht. Fig. 33 b im Querschnitt dargestellte Instrument ruht auf einem schweren Metallfuss und ist um eine horizontale Axe bei *A* umlegbar. Der Mikroskoptubus wird vermittelst der Schraube *g* gehoben und gesenkt, die Feineinstellung geschieht durch die Mikrometer-

* C. Klein, Optische Studien am Leucit. Nachrichten von d. kön. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1884. Nr. 11. p. 436 sqq.

schraube *h*, deren Umfang in 250 Theile getheilt ist und deren Steighöhe $^1/_2$ mm. beträgt. Die Drehung dieser Mikrometerschraube wird gegen den Index *J* abgelesen. Das Ocular, über welches ein Analysator in orientirter Stellung gestülpt werden kann, wird durch das Auszugsrohr *K* gegen das Objectiv verstellt. Am unteren Ende des Tubus werden die Objective (HARTNACK'sche und WINKEL'sche Systeme) angeschraubt, und durch zwei zu einander, senkrechte Schrauben *l* auf das Drehungscentrum des Objecttisches centrirt. Zwischen diesen Schrauben und dem Objectiv befindet sich ein Spalt, durch welchen Hülfsapparate *i* (Quarzplatte, Gypsblättchen, Glimmerblättchen etc.) eingeschaltet werden können. Ueber dem Objectiv im Tubus kann durch ein Fenster ein Analysator *n* oder bei Untersuchung im convergenten Lichte eine BERTRAND'sche Linse eingeschoben und vermittelst der Schraube *s* durch den Trieb *j* gehoben und gesenkt werden. — Der Objecttisch *a* ist centrisch drehbar und seine Drehung wird am Nonius *b* auf Minuten abgelesen; die Feineinstellung geschieht durch ein Mikrometerwerk und es kann der drehbare Tisch in jeder Stellung arretirt werden. Derselbe trägt einen Kreuzschlitten *c*, dessen Bewegungen durch Mikrometerschrauben *d* bewirkt werden, deren Bewegung auf 0.01 mm. direct abgelesen werden kann. Der von der Bewegung des Objecttisches unabhängige Polarisator *e*, auf welchen nach Bedarf stärkere oder schwächere Convergenzlinsen *f* aufgeschraubt werden können, wird durch den Trieb *m* gehoben und gesenkt.

Dem Instrument ist eine sehr vollständige Ausrüstung mit optischen Hülfsapparaten, Quarzplatte, Gypsblättchen mit Roth I. Ordnung, Viertelundulationsglimmerblättchen, ein CALDERON'sches Stauroskopocular, ein Ocular mit der BERTRAND'schen Doppelquarzplatte und mehrere BERTRAND'sche Linsen zur Beobachtung im convergenten Lichte, sowie ein dem Objecttisch aufsetzbares Oelgefäss zur Messung von Axenwinkeln beigefügt.

Kleinere, in der Construction des Objecttisches einfachere, und mit Nebenapparaten weniger reichlich ausgestattete Instrumente, welche für die gewöhnlichen Zwecke vollkommen ausreichen, liefert dieselbe Firma in guter Ausführung. Dieselben sind in erster Linie für Beobachtungen im parallelen Lichte eingerichtet, gestatten aber auch die Beobachtung der Interferenzbilder in scharfer und bequemer Weise, der Polarisator hat Triebvorrichtung zum Senken und Heben.

Neuerdings hat der jetzige Inhaber des genannten Geschäftes, Herr R. Brunnée, an seinen Mikroskopen eine ausserordentlich bequeme Vorrichtung für den Uebergang aus der Beobachtung im parallelen zu der im convergenten Lichte angebracht, welche aus den Fig. 34 a und 34 b erhellt.

Im Schieber *P*, vermittelst dessen der Polarisator mit dem Instrument verbunden wird, ist ein Schlitten *S* angebracht, welcher, sobald das Rohr *R* durch den Trieb *T* nach unten bewegt wird, die Linse C^1 von der Linse C^2 abhebt: ein Zug am Arm *G* genügt dann, um dieselbe in eine seitlich im Schlitten angebrachte Vertiefung hineinzuziehen (siehe Fig. 34 b), worauf der Polarisator, welcher dann nur mit der Linse C^2 versehen ist, unbehindert wieder hochgestellt werden kann. Will man wieder zu convergentem Licht übergehen, so verfährt man in gleicher Weise, bewegt das Rohr *R* nach unten, drückt den Schieber *S* nach Innen und der conische Ansatz der Linsenfassung C^2 wird die Linse C^1 wieder genau centrisch auffangen.

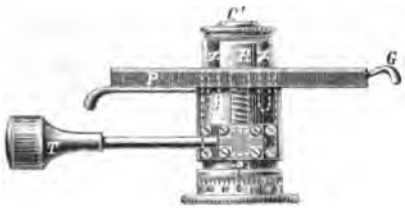


Fig. 34 a.

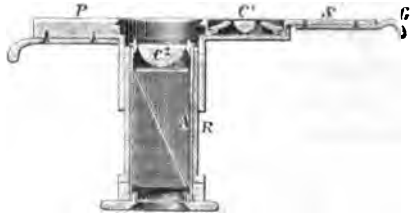


Fig. 34 b.

Damit nun die Linse C^1 in dem Ring des Schlittens *S* hängen bleibt, ist das Rohr *R* mit 4 Schlitzen *N* versehen, in welche wiederum 4 Ansätze von dem Ring des Schlittens *S* hineingreifen: diese bilden eine genaue centrische Aufhängung für die Linsenfassung der Linse C^1.

Isotrope Mineralblättchen im parallelen polarisirten Lichte. Wenn man in den Gang eines polarisirten Lichtstrahles zwischen dem Polarisator und Analysator ein Blättchen aus einem isotropen (amorphen oder regulär krystallisirenden) Mineral einschaltet, so wird der Lichtstrahl keinerlei Aenderung seiner Schwingungsebene erfahren, welches immer die Richtung sei, in welcher das Blättchen aus dem Mineral geschnitten wurde, und die Stellung, welche man dem Blättchen zwischen Polarisator und Analysator gebe. Da die Aetherelasticität in demselben nach allen Richtungen die gleiche ist, so wird auch eine Drehung desselben um irgend

eine Axe keine Veränderung der Schwingungsebene des polarisirten Lichtes bewirken. Ist das Mineral also farblos, so wird es, abgesehen von der geringen Absorption, die ein Lichtstrahl ja in jedem Medium erfährt, weder die Farbe noch die Lichthelle des Gesichtsfeldes beeinflussen; ist es gefärbt oder farbig, so wird nunmehr das Gesichtsfeld die Farbe des Blättchens zeigen. Diese Farbe aber ändert sich in keiner Weise mit der Stellung, die man dem Blättchen giebt. Auch die Richtung der Strahlen wird keine Aenderungen erfahren, wenn das Blättchen planparallel ist und die Blattfläche senkrecht zur Richtung des Strahles steht; ist dieses nicht der Fall, so wird der Strahl im Blättchen von seinem Wege abgelenkt werden, nach dem Austritt aus dem Blättchen jedoch seinen Weg parallel mit seiner Einfallsrichtung fortsetzen. Dieser Parallelismus würde um so mehr aufgehoben werden, je stärker die Eintritts- und Austrittsflächen des Blättchens gegenüber dem Strahl zu einander geneigt wären.

Denkt man sich nun den Analysator und Polarisator in gekreuzter Stellung ihrer Hauptschnitte, so würde die hierdurch bedingte Dunkelheit des Gesichtsfeldes durch die Einschaltung des isotropen Blättchens in keiner Weise gestört werden. Diese Eigenschaft, in jeder Stellung zwischen gekreuzten Nicols auch bei einer Drehung um 360° in seiner eigenen Ebene dunkel zu bleiben, ist das wichtigste Kennzeichen eines isotropen Blättchens gegenüber den anisotropen.

Blättchen aus amorphen oder regulären Mineralien zeigen allerdings vielfach die Erscheinung, sich theilweise oder auch ganz zwischen gekreuzten Nicols in gewissen Stellungen aufzuhellen. Derartige Anomalieen sind die Folgen von inneren Spannungen, welche durch Einschlüsse von Gasen oder Flüssigkeiten, die auf ihre Wandungen drücken, von festen Körpern, welche durch Contraction einen Zug auf die nächstgelegenen Theile des Wirthes ausüben oder sie sind durch Verhältnisse bedingt, welche mit der Entstehung der Mineralien, resp. ihrem molekularen Bau zusammenhängen. Derartige Phänomene, welche man künstlich auf mannichfache Weise nachahmen kann, sind von regelmässiger Doppelbrechung dadurch unterschieden, dass die Erscheinung im Blättchen im Allgemeinen nicht an allen Punkten die gleiche, sondern abhängig ist vom Ort. Man bezeichnet solche Doppelbrechung als eine optische Anomalie.

Dünne Blättchen doppelbrechender Mineralien im parallelen polarisirten Licht. Schiebt man ein durchsichtiges Blättchen aus einem doppelbrechenden Mineral, welches nicht senkrecht zu einer optischen Axe geschnitten wurde, zwischen Polarisator und Analysator, deren Hauptschnitte einen beliebigen Winkel mit einander bilden, ein, so treten im Allgemeinen Phänomene der chromatischen Interferenz ein. Wir gehen von dem einfachsten Falle aus, und nehmen an, dass das planparallele Blättchen allenthalben gleiche Dicke habe, dass die Strahlen senkrecht auf dasselbe auffallen und also an allen Stellen gleiche Dicken durchlaufen, dass homogenes Licht angewendet werde und dass die Hauptschnitte von Polarisator und Analysator einen Winkel $> 0° < 90°$ mit einander bilden. Bei dieser Annahme wird das Blättchen zwischen den senkrecht über einander liegenden Punkten a und b (Fig. 35) von zwei Strahlen mit zu einander normal gerichteten Schwingungsebenen mit verschiedener Geschwindigkeit durchlaufen. Im Punkte b verlassen also auch zwei Strahlen in paralleler Richtung das Blättchen, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Blättchen eine verschiedene war. Es muss demnach bei b der eine Strahl dem andern um eine bestimmte Anzahl Wellenlängen vorausgeeilt sein. Die beiden Strahlen befinden sich also in verschiedenen Schwingungsphasen und werden diesen Phasenunterschied auf ihrem Wege durch Luft beibehalten. Der eine dieser Strahlen, der ausserordentliche, schwingt parallel dem optischen Hauptschnitt des Blättchens, der ordentliche vibrirt senkrecht zu dessen optischem Hauptschnitt und auch die Schwingungsrichtungen ändern sich nicht bei dem Uebergang in Luft.

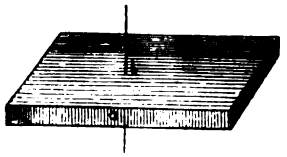


Fig. 35.

Es liege Fig. 36 in der Ebene des doppelbrechenden Blättchens und es sei auf diese Ebene projicirt PP_1 der Hauptschnitt des Polarisators, AA_1 derjenige des Analysators, φ der Winkel zwischen beiden, HH_1 der Hauptschnitt des Blättchens, ϱ der Winkel desselben mit PP_1, und $Om = i$ die Schwingungsamplitüde des vom polarisenden Nicol kommenden, parallel PP_1 schwingenden Strahles. Da die Schwingungsebene des Strahles mit dem Hauptschnitt des Blättchens weder zusammenfällt, noch dazu senkrecht steht, so wird derselbe nach dem Parallelogramm der Kräfte in zwei Strahlen zerlegt, einen ordentlichen, senkrecht zu HH_1

schwingenden Strahl mit der Vibrationsamplitüde $OL = \sin \varrho$, und einen ausserordentlichen parallel HH_1 schwingenden Strahl mit der Vibrationsamplitüde $ON = \cos \varrho$.

Nennt man die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des ordentlichen Strahles im Blättchen c_o, die des ausserordentlichen c_e, die Dicke des Blättchens d, so sind $\frac{d}{c_o} = o$ und $\frac{d}{c_e} = e$ die Zeiten, in welchen O und E das Blättchen durchlaufen. Die Schwingungen eines Aethertheilchens um seine Gleichgewichtslage folgen den Pendelgesetzen: die Vibrationsgeschwindigkeit ist = o im Augenblick des grössten Abstandes von der Gleichgewichtslage, sie wächst mit der Annäherung an diese und erreicht ihr Maximum im Augenblick, wo die Gleichgewichtslage passirt wird. Dieses Maximum ist proportional der Schwingungsamplitüde. Bezeichnet man mit t die Zeit, welche verstrich, seitdem das Aethertheilchen sich im grössten Abstand von seiner Gleichgewichtslage befand, mit T die Oscillationsdauer, d. h. die Zeit, welche das Aethertheilchen gebraucht, um den Weg zwischen den beiden grössten Abständen von seiner Gleichgewichtslage hin und zurück zu durchlaufen, so ist die Vibrationsgeschwindigkeit eines Aethertheilchens auf dem Wege des ordentlichen Strahls bei dessen Eintritt in das Blättchen $= \sin \varrho \sin 2\pi \frac{t}{T}$ und diejenige des ausserordentlichen Strahls $= \cos \varrho \sin 2\pi \frac{t}{T}$. Beim Austritt aus dem Blättchen sind also dann die Vibrationsgeschwindigkeiten von O und E, da dieselben im Blättchen sich langsamer fortpflanzen als in Luft, beziehungsweise:

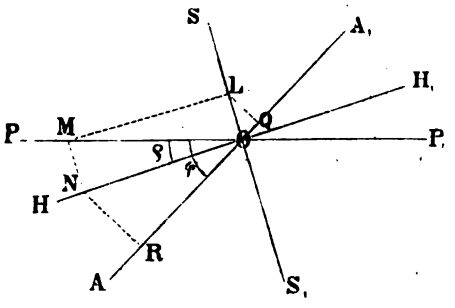


Fig. 36.

$$v_o = \sin \varrho \sin 2\pi \frac{t - o}{T}$$

$$v_e = \cos \varrho \sin 2\pi \frac{t - e}{T}$$

Ist die Wellenlänge des angewandten homogenen Lichtes in Luft $= \lambda$, seine Schwingungsdauer T, seine Fortpflanzungsgeschwindigkeit $= C$, so ist $T = \frac{\lambda}{C}$ und diese Gleichungen können in die Form

$$v_o = \sin\varrho \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{{}^{o}C}{\lambda}\right)$$

$$v_e = \cos\varrho \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{{}^{e}C}{\lambda}\right)$$

gebracht werden.

Bei dem Uebergange in den Analysator liefert der ordentliche Strahl eine senkrecht zum Hauptschnitt AA_1 schwingende Componente mit der Vibrationsamplitüde LQ, welche durch Totalreflexion im Analysator entfernt wird und eine im Hauptschnitt desselben schwingende Componente von der Vibrationsamplitüde

$$OQ = OL \cdot \sin(\varphi - \varrho) = \sin\varrho \sin(\varphi - \varrho)$$

Ebenso zerlegt sich der ausserordentliche Strahl im Blättchen beim Eintritt in den Analysator in eine durch Totalreflexion verschwindende Componente, welche senkrecht zu AA_1 mit der Amplitüde NR schwingt, und eine parallel AA_1 schwingende von der Amplitüde

$$OR = ON \cdot \cos(\varphi - \varrho) = \cos\varrho \cos(\varphi - \varrho)$$

Da beide den Analysator durchlaufenden Strahlen ausserordentliche sind, so haben sie gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit und ihre Vibrationsgeschwindigkeiten sind demnach beziehungsweise für die aus dem ordentlichen und ausserordentlichen Strahl des Blättchens entstandenen Strahlen

$$J_{v_o} = \sin\varrho \sin(\varphi - \varrho) \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{{}^{o}C}{\lambda}\right)$$

$$J_{v_e} = \cos\varrho \cos(\varphi - \varrho) \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{{}^{e}C}{\lambda}\right)$$

Im doppelbrechenden Blättchen konnten die Strahlen, da ihre Schwingungsebenen senkrecht zu einander standen, nicht interferiren; im Analysator haben sie gleiche Schwingungsebenen, sie müssen also einen Interferenzstrahl bilden, dessen Vibrationsgeschwindigkeit gleich der Summe der Vibrationsgeschwindigkeiten der beiden ihn erzeugenden Strahlen sein muss. Da OQ und OR in entgegengesetztem Sinne gerichtet sind, so hat man für den Interferenzstrahl

$$J = Jv_e - Jv_o = \cos\varrho\cos(\varphi - \varrho)\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{{}^{e}C}{\lambda}\right) - \sin\varrho\sin(\varphi - \varrho)\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{{}^{o}C}{\lambda}\right)$$

Setzt man bequemerer Schreibweise halber $2\pi \frac{t}{T} = a$, $2\pi \frac{{}^{o}C}{\lambda} = b$. $2\pi \frac{{}^{e}C}{\lambda} = c$, so geht nach einem bekannten Satz der ebenen Trigonometrie diese Gleichung über in

$$\begin{aligned} J &= \cos\varrho\cos(\varphi - \varrho)[\sin a\cos c - \cos a\sin c] - \sin\varrho\sin(\varphi - \varrho)[\sin a\cos b - \cos a\sin b] \\ &= \sin a\,[\cos\varrho\cos(\varphi - \varrho)\cos c - \sin\varrho\sin(\varphi - \varrho)\cos b] \\ &\qquad - \cos a\,[\cos\varrho\cos(\varphi - \varrho)\sin c - \sin\varrho\sin(\varphi - \varrho)\sin b] \end{aligned}$$

Setzt man diese Gleichung gleich der Gleichung

$$J \sin(a + y) = J \sin a \cos y + J \cos a \sin y,$$

so ist

$$J \cos y = \cos\varrho \cos(\varphi - \varrho) \cos c - \sin\varrho \sin(\varphi - \varrho) \cos b$$
$$J \sin y = -\cos\varrho \cos(\varphi - \varrho) \sin c + \sin\varrho \sin(\varphi - \varrho) \sin b$$

Quadrirt und summirt man diese beiden letzten Gleichungen, so erhält man unter Berücksichtigung des Satzes, dass die Summe der Quadrate des sinus und cosinus eines Winkels gleich der Einheit ist, den Ausdruck für die Intensität des Interferenzstrahles

$$J^2 = \cos^2\varrho \cos^2(\varphi - \varrho) + \sin^2\varrho \sin^2(\varphi - \varrho)$$
$$- 2 \cos\varrho \cos(\varphi - \varrho) \sin\varrho \sin(\varphi - \varrho) [\cos b \cos c + \sin b \,.\, \sin c]$$
$$= \cos^2\varrho \cos^2(\varphi - \varrho) + \sin^2\varrho \sin^2(\varphi - \varrho) - 2 \cos\varrho \sin\varrho \cos(\varphi - \varrho) \sin(\varphi - \varrho) \cos(b - c)$$

Da $\cos(b - c) = 1 - 2 \sin^2 \frac{b - c}{2}$, so kann man diese Gleichung umformen in

$$J^2 = \cos^2\varrho \cos^2(\varphi - \varrho) + \sin^2\varrho \sin^2(\varphi - \varrho) - 2 \cos\varrho \sin\varrho \cos(\varphi - \varrho) \sin(\varphi - \varrho)$$
$$+ 4 \cos\varrho \sin\varrho \cos(\varphi - \varrho) \sin(\varphi - \varrho) \sin^2 \frac{b - c}{2}$$
$$= [\cos\varrho \cos(\varphi - \varrho) - \sin\varrho \sin(\varphi - \varrho)]^2 + \sin 2\varrho \sin 2(\varphi - \varrho) \sin^2 \frac{b - c}{2}$$
$$= [\cos(\varrho + (\varphi - \varrho))]^2 + \sin 2\varrho \sin 2(\varphi - \varrho) \sin^2 \frac{b - c}{2}$$

$$J^2 = \cos^2\varphi + \sin 2\varrho \sin 2(\varphi - \varrho) \sin^2 \pi \frac{(o - e)C}{\lambda} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{I}$$

Dieser Ausdruck lässt erkennen, dass im allgemeinen Fall die Intensität des aus dem Analysator austretenden Interferenzstrahles sich aus zwei Theilen zusammensetzt, deren erster $\cos^2\varphi$ unabhängig ist von der Wellenlänge und nur mit der Neigung der Hauptschnitte des Polarisators und Analysators variirt. Bei dem in der Praxis fast ausschliesslich benutzten Verhältniss, der gekreuzten Stellung von Polarisator und Analysator, wird $\varphi = 90^0$, also $\cos^2\varphi = 0$ und die Endgleichung für J^2 geht über in

$$J^2 = \sin 2\varrho \sin 2(\varphi - \varrho) \sin^2 \pi \frac{(o - e)C}{\lambda}$$

oder wenn man auch hier für φ den Werth 90^0 setzt, und bedenkt, dass $\sin 2(90 - \varrho) = 2 \sin(90 - \varrho) \cos(90 - \varrho) = 2 \cos\varrho \sin\varrho$ in

$$J^2 = \sin^2 2\varrho \sin^2 \pi \frac{(o - e)C}{\lambda} \quad \ldots\ldots\ldots \text{Ia}$$

Die Intensität, welche ein doppelbrechendes, nicht senkrecht zu einer optischen Axe geschnittenes Blättchen zwischen gekreuzten Nicols zeigt, ist also in erster Linie abhängig von den Grössen $\sin^2 2\varrho$, d. h. von der Neigung des optischen Hauptschnittes des Blättchens gegen die Hauptschnitte des Polarisators und des Ana-

lysators. Der Werth für J^2 hat ein Minimum. er wird $= o$, wenn $\sin^2 2\varrho = o$, d. h. jedesmal, wenn der optische Hauptschnitt des Blättchens mit dem Hauptschnitte des Polarisators ($\varrho = o$) oder demjenigen des Analysators ($\varrho = 90^0$) zusammenfällt. Bei einer Drehung des Blättchens in seiner Ebene um 360^0, also bei einer vollen Drehung des Mikroskoptisches tritt dieser Fall vier Mal ein und daher die Regel, dass doppelbrechende Blättchen bei einer vollen Umdrehung zwischen gekreuzten Nicols viermal dunkel werden, wobei die Dunkelstellungen um je 90^0 auseinanderliegen.

Ein Maximum von Helle muss eintreten ($J^2 = \text{max.}$), wenn $\sin^2 2\varrho = 1$, d. h. wenn der Hauptschnitt des Blättchens um 45^0 gegen die Hauptschnitte des Polarisators und Analysators geneigt ist. Bringt man also in homogenem Licht das doppelbrechende Blättchen in die Dunkelstellung, so wird bei Drehung desselben eine mit der Drehung wachsende Aufhellung eintreten, bis der Drehungswinkel 45^0 wurde; bei weiterer Drehung nimmt die Aufhellung wieder ab und ist $= 0$, sobald der Drehungswinkel $= 90^0$ wurde. Bei jeder Dunkelstellung liegt der optische Hauptschnitt des Blättchens oder eine dazu senkrechte Ebene parallel dem Hauptschnitte des Analysators oder Polarisators und die Beobachtung gewährt also ein Mittel, nicht nur anisotrope Blättchen von isotropen zu unterscheiden, sondern auch die Lage der Axen grösster und kleinster Elasticität im Blättchen zu bestimmen.

Die Helle des Blättchens ist aber ferner abhängig von $\sin^2 \pi \frac{(o-e)C}{\lambda}$ d. h. von der Farbe (Wellenlänge) des angewandten Lichtes, von $o - e$, d. h. von dem Gangunterschiede der beiden Strahlen, die das Blättchen durchlaufen, also von der Differenz der Axen grösster und kleinster Elasticität im Blättchen und der Orientirung desselben im Krystall und von der Dicke des letzteren, da $o = \frac{d}{c_o}$ und $e = \frac{d}{c_e}$ gesetzt wurde. Der Werth $\sin^2 \pi \frac{(o-e)C}{\lambda}$ wird $= 0$, wenn $\frac{o-e}{\lambda}$ eine ganze Zahl ist, d. h. wenn der eine Strahl dem andern um eine Anzahl ganzer Wellenlängen vorauseilte. Dagegen ist $\sin^2 \pi \frac{(o-e)C}{\lambda}$ ein Maximum, wenn $\frac{o-e}{\lambda} = \frac{2n+1}{2}$, also wenn der eine Strahl dem andern um eine ungerade Anzahl halber Wellenlängen vorauseilte. Danach ist ein Blättchen im homogenen Lichte dunkel bei jeder Lage zwischen gekreuzten Nicols, wenn der Gangunterschied der

Strahlen nach ganzen Wellenlängen misst, im Maximum hell bei jeder Lage, wenn der Gangunterschied der Strahlen nach ungeraden halben Wellenlängen misst.

Wenn man in der Gleichung I $\varphi > 0 < 90^0$ annimmt und dann um 90^0 vermehrt, so geht diese Gleichung über in

$$J' = \sin^2\varphi - \sin 2\varrho \sin 2(\varphi - \varrho) \sin^2 \pi \frac{(o-e)C}{\lambda} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad II$$

Dieser Ausdruck ergänzt den Ausdruck in Gleichung I zu 1. Daraus folgt, dass eine Drehung des Analysators gegen den Polarisator um 90^0 die Erscheinungen umkehrt. Wo demnach bei gekreuzten Nicols Dunkel eintritt, muss bei parallelen Nicols Hell auftreten.

Beobachtet man im weissen Licht, so werden die Phänomene sich gleichfalls durch die Gleichung I erklären lassen, wenn man bedenkt, dass das weisse Licht aus unendlich vielen homogenen Lichtarten von verschiedener Wellenlänge zusammengesetzt wird. Der erste Theil des Ausdrucks in Gleichung I ist unabhängig von der Wellenlänge und wird also auch im weissen Lichte unverändert gelten. Im zweiten Theil des Ausdrucks $\sin 2\varrho \sin 2(\varphi - \varrho) \sin^2 \pi \frac{(o-e)C}{\lambda}$ wird zunächst $\sin 2\varrho \sin 2(\varphi - \varrho)$ beeinflusst werden, da wenigstens im allgemeinen Falle die Hauptschnitte des Blättchens für verschiedene Lichtarten ja nicht zusammenfallen. Jedoch sind die durch die Dispersion bedingten Unterschiede in den weitaus meisten Fällen klein genug, um vernachlässigt werden zu können. Die Anwendung des weissen Lichtes wird also vorwiegend in dem Ausdruck $\sin^2 \pi \frac{(o-e)C}{\lambda}$ von Einfluss werden. Und zwar müssen aus dem weissen Lichte alle die Strahlen ausfallen, für welche $\frac{o-e}{\lambda} = n$ ist, wenn n eine ganze Zahl bedeutet, während alle diejenigen Strahlen zur Beleuchtung des Blättchens beitragen werden, für welche $\frac{o-e}{\lambda}$ einen andern Werth hat. Das Blättchen wird demnach in jedem Falle farbig erscheinen und zwar wird die jeweilige Farbe sich vorwiegend aus denjenigen Lichtarten zusammensetzen, für welche $\frac{o-e}{\lambda} = \frac{2n+1}{2}$ ist, oder diesem Werthe möglichst nahe kommt. Die Grössen $\sin 2\varrho$ und $\sin 2(\varphi - \varrho)$ beeinflussen die Farbe in keinerlei Weise, sondern nur die Intensität dieser Farbe. Es kann also die Farbe, welche ein solches Blättchen in polarisirtem Lichte zeigt, bei einer Drehung nur der Intensität nach, nicht der Art nach wechseln. Nehmen wir auch hier wieder den in der Praxis

fast ausschliesslich vorkommenden Fall der Beobachtung zwischen gekreuzten Nicols, so wird wieder in Gleichung I $\cos^2 \varphi = 0$ und

$$J^2 = \sin 2\varrho \sin 2(\varphi - \varrho) \sin^2 \pi \frac{(o-e)C}{\lambda} \cdot \Sigma i_\lambda$$

wenn wir mit Σi_λ die Summe der unendlich vielen Ausdrücke bezeichnen, welche allen Werthen von λ entsprechen. Die Discussion dieser Gleichung, analog derjenigen für homogenes Licht durchgeführt, ergiebt die Regel, dass doppelbrechende Blättchen, welche nicht senkrecht zu einer optischen Axe geschnitten wurden, im weissen parallelen polarisirten Licht im Allgemeinen eine Interferenzfarbe zeigen, welche abhängig ist von ihrer Dicke, von der Lage des Blättchens im Krystall und von der relativen Grösse der Elasticitätsaxen, resp. der Brechungsexponenten der Substanz. Die Intensität dieser Farbe hängt ab von der Neigung des Hauptschnitts des Blättchens gegen die Hauptschnitte des Polarisators und Analysators; sie erreicht bei einer vollen Drehung viermal ein Minimum (das Blättchen ist dunkel), wenn diese Neigung 0° und 90° beträgt, sie erscheint viermal im Maximum, und zwar wenn diese Neigung = 45° ist. Bei Parallelstellung der Hauptschnitte des Polarisators und Analysators tritt die complementäre Erscheinung auf; in den Dunkelstellungen zwischen gekreuzten Nicols ist das Blättchen weiss bei parallelen Nicols, in jeder andern Lage erscheint die Complementärfarbe derjenigen, welche bei gekreuzten Nicols vorhanden war.

Diese Interferenzfarben doppelbrechender Blättchen im polarisirten Lichte gehören demnach durchaus in die Kategorie der Farben sehr dünner Blättchen oder der Newton'schen Farben und man kann annäherungsweise sagen, dass ein solches doppelbrechendes Blättchen dieselbe Interferenzfarbe zeigen wird, wie ein isotropes Blättchen von der Dicke d, wenn $d = (o - e) C$. Diese Interferenzfarben gehören zu den charakteristischen Erscheinungen bei mikroskopischen Untersuchungen und gestatten bei bekannter Dicke und Orientirung der Blättchen direct einen Schluss auf den Werth $o - e$, welcher zu den Constanten jeder Substanz gehört. Man sieht leicht, dass bei gleicher Dicke und gleicher Substanz die Interferenzfarbe desto höher sein wird, je grösser die Differenz der zwei Elasticitätsaxen ist, welchen parallel im Blättchen die Schwingungen der Strahlen liegen. Es müssen daher optisch einaxige Körper bei

sonst gleichen Bedingungen die höchste Interferenzgabe geben in Schnitten parallel der optischen Axe, optisch zweiaxige in Schnitten senkrecht zur Axe mittlerer Elasticität. Die Interferenzfarben müssen sinken, je näher das Blättchen senkrecht zu einer optischen Axe geschnitten wurde und die farbige Interferenz hört ganz auf, wenn das Licht genau parallel einer optischen Axe das Blättchen durchläuft.

Sobald die Platten aus doppelbrechenden Substanzen gewisse Dicke erreichen, wird nach den obigen Entwicklungen keine Interferenzfarbe mehr auftreten. Die Dicke, bei welcher dieses Verhalten beginnt, ist bei jedem Mineral eine andere und zwar eine um so geringere, je grösser bei dem Mineral der Werth $\gamma - \alpha$ ist.

Newton hat die Reihenfolge der Interferenzfarben, welche dünne Blättchen mit zunehmender Dicke zeigen, bestimmt und in der nach ihm genannten Farbenscala zusammengestellt. Man sieht aus der Tabelle auf S. 141, dass gewisse Farbentöne periodisch wiederkehren; als eine „Ordnung" bezeichnet man die Farben, welche zwischen zwei analogen Farbentönen liegen. — Die genaue Kenntniss dieser Farbenscala erleichtert in hohem Grade die Schätzung der einem bestimmten Mineral eigenen Grösse der Doppelbrechung und ist bei Bestimmung des optischen Charakters eines planparallelen Mineraldurchschnitts unbedingt erforderlich. Taf. A giebt die Newton'schen Farben der drei ersten Ordnungen zwischen gekreuzten Nicols in chromolithographischem Druck wieder.

Verhalten doppelbrechender Blättchen senkrecht zu einer optischen Axe im parallelen polarisirten Licht. In jeder Richtung senkrecht zu einer optischen Axe ist die Elasticität des Lichtäthers die gleiche und für Lichtstrahlen, die sich genau parallel zu einer optischen Axe in einem doppelbrechenden Minerale fortpflanzen, sollte sich das Mineral wie ein isotropes Medium verhalten. Beobachtet man demnach einen planparallelen Schnitt senkrecht zu einer optischen Axe zwischen gekreuzten Nicols oder parallelen Nicols im parallelen homogenen Lichte, so würde man im ersten Falle bei einer vollen Umdrehung des Schnitts in seiner eigenen Ebene stets dunkles, im zweiten Falle stets helles Gesichtsfeld zu erwarten haben. Die thatsächliche Erscheinung gestaltet sich jedoch verschieden bei den optisch einaxigen und den optisch zweiaxigen Subztanzen.

In den quadratischen und hexagonalen Krystallen ist die Hauptaxe optische Axe, d. h. Richtung einfacher Strahlenbrechung für

Licht jeder Farbe und ein basischer planparalleler Schnitt eines Minerals der genannten Systeme verhält sich bei senkrechter Incidenz im parallelen Lichte thatsächlich für jede Farbe und jede Farbencombination, also auch für weisses Licht genau wie ein isotroper Körper. Die Unterscheidung eines solchen basischen Schnitts aus einem einaxigen Mineral von einem Schnitt aus einer isotropen Substanz wird erst durch Untersuchung im nicht parallelen polarisirten Licht möglich.

In dem rhombischen, monoklinen und triklinen System fallen die beiden optischen Axen nicht mehr mit Symmetrieaxen zusammen; sie erleiden daher eine Dispersion und es kann also, streng genommen, keinen Schnitt mehr geben, der zugleich senkrecht zu einer optischen Axe für zwei verschiedene Farben wäre. Es wäre demnach für einen solchen Schnitt an und für sich nicht ein Verhalten zu erwarten, wie es ein isotropes Blättchen zeigt, vielmehr würde man bei jeder Stellung eines solchen Schnitts zwischen zwei irgendwie zu einander geneigten Nicols im parallelen weissen Lichte ein helles Gesichtsfeld erwarten müssen, dessen Färbung annähernd den niedrigsten Tinten der NEWTON'schen Farbenscala entsprechen würde. Aber selbst bei Anwendung von homogenem Lichte erscheinen dünne Schnitte aus einem zweiaxigen Mineral senkrecht zu einer optischen Axe bei gekreuzten Nicols nicht dunkel, sondern hell, und zwar in jeder Stellung bei einer vollen Umdrehung in ihrer Ebene. Diese scheinbare Anomalie ist eine nothwendige Folge davon, dass die optischen Axen zweiaxiger Körper Axen innerer conischer Refraction sind*. Ein Lichtstrahl, welcher parallel einer optischen Axe auf eine senkrecht zu dieser geschnittene zweiaxige planparallele Platte fällt, wird in derselben in unendlich viele Strahlen zerlegt, die auf einem Kegelmantel liegen und in allen Richtungen polarisirt sind. Dieselben treten also als ein Strahlencylinder aus, in welchem jeder Strahl nach anderem Azimuth schwingt; zwischen gekreuzten Nicols muss daher eine solche Platte in jeder Stellung die gleiche Helle zeigen**. Es ist das eine Erscheinung, an welcher man Schnitte dieser Richtung, wenn

* Vgl. E. KALKOWSKY, Ueber die Polarisationsverhältnisse von senkrecht gegen eine optische Axe geschnittenen zweiaxigen Krystallplatten. Z. X. 1884. IX. 486–497.

** Ist die Platte nicht zu dünn und das einfallende Strahlenbündel hinreichend eng, so kann man bei richtiger Einstellung des Mikroskops den durch die innere conische Refraction bedingten Lichtring wahrnehmen.

Newton'sche Farbenscala nach Quincke*.

Ordnungszahl	Verzögerung in millionstel Millimetern	Interferenzfarbe zwischen gekreuzten Nicols	Interferenzfarbe zwischen parallelen Nicols	
1	0	schwarz	lebhaft weiss	Erste Ordnung
2	40	eisengrau	weiss	
3	97	lavendelgrau	gelblichweiss	
4	158	graublau	bräunlichweiss	
5	218	klareres Grau	braungelb	
6	234	grünlichweiss	braun	
7	259	fast reinweiss	hellroth	
8	267	gelblichweiss	carminroth	
9	275	blass-strohgelb	dunkelrothbraun	
10	281	strohgelb	tiefviolett	
11	306	hellgelb	indigo	
12	332	lebhaft gelb	blau	
13	430	braungelb	graublau	
14	505	rothorange	bläulichgrün	
15	536	roth	blassgrün	
16	551	tiefroth	gelblichgrün	
17	565	purpur	heller grün	Zweite Ordnung
18	575	violett	grünlichgelb	
19	589	Indigo	goldgelb	
20	664	blau (himmelblau)	orange	
21	728	grünlichblau	bräunlichorange	
22	747	grün	hellcarminroth	
23	826	heller grün	purpurroth	
24	843	gelblichgrün	violettpurpur	
25	866	grünlichgelb	violett	
26	910	reingelb	indigo	
27	948	orange	dunkelblau	
28	998	lebhaft orangeroth	grünlichblau	
29	1101	dunkelviolettroth	grün	
30	1128	**hell bläulich violett**	gelblichgrün	Dritte Ordnung
31	1151	Indigo	unreingelb	
32	1258	grünlichblau	fleischfarben	
33	1334	meergrün	braunroth	
34	1376	glänzendgrün	violett	
35	1426	grünlichgelb	graublau	
36	1495	fleischfarben	meergrün	
37	1534	carminroth	grün	
38	1621	mattpurpur	mattmeergrün	
39	1652	violettgrau	gelblichgrün	Vierte Ordnung
40	1682	graublau	grünlichgelb	
41	1711	mattmeergrün	gelblichgrau	
42	1744	bläulichgrün	lila	
43	1811	hellgrün	carmin	
44	1927	hellgrünlichgrau	grauroth	
45	2007	weisslichgrau	blaugrau	

* Ueber Newton'sche Farbenringe und totale Reflexion des Lichtes bei Metallen. Pogg. Ann. 1866. CXXIX. 177.

sie hinreichend dünn sind, sofort von solchen jeder andern Richtung unterscheiden kann.

Verhalten mehrerer über einander liegender doppelbrechender Blättchen im polarisirten Lichte. Liegen zwei doppelbrechende Blättchen über einander, so hängen die im polarisirten Lichte auftretenden Phänomene von der Neigung der Hauptschnitte des Polarisators und Analysators zu einander und zu den Hauptschnitten der Blättchen ab. Denkt man sich die Blättchen zwischen gekreuzten Nicols, deren Hauptschnitte beziehungsweise PP_1 und AA_1 seien (Fig. 37) so übereinander, dass ihre Hauptschnitte HH_1 und $H'H'_1$ und die Schwingungs-Amplitüde des vom Polarisator kommenden Strahles $= Om$ sei, so wird dieser Strahl im ersten Blättchen in zwei Strahlen zerlegt, welche parallel HH_1 und JJ_1 mit der Amplitüde Or und Op schwingen. Im zweiten Blättchen wird der Strahl Or nach demselben Gesetz in die Strahlen Oq und Os, der Strahl Op in die Strahlen Ot und Ou zerlegt werden. Beim Eintritt in den Analysator wird jeder dieser 4 Strahlen eine nochmalige Zerlegung erfahren. Die ordentlichen Strahlen qv, uw, tx, sy werden durch Totalreflexion entfernt und es tritt aus dem Analysator ein Interferenzstrahl mit der Schwingungsrichtung AA_1 und der Schwingungsamplitüde $Ov - (Ow + Ox + Oy)$ aus. Bei Beobachtung im weissen Lichte wird also wieder eine Interferenzfarbe erscheinen, deren Höhe abhängig ist von der Summe der Dicke der beiden Blättchen und der Summe der Gangunterschiede, welche die Strahlen in den beiden Blättchen erreichen, und deren Intensität von der Neigung der Hauptschnitte der beiden Blättchen zu einander und zu denen der Nicols bedingt wird. Dreht man die beiden Blättchen, ohne die gegenseitige Lage ihrer Hauptschnitte zu ändern, so wird niemals Dunkelheit eintreten können, weil niemals die Hauptschnitte beider Blättchen gleichzeitig mit denen der Nicols zusammenfallen können.

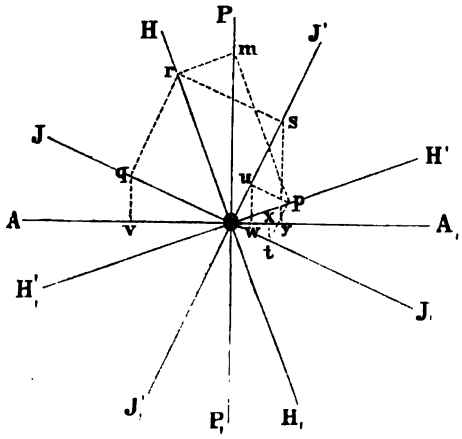


Fig. 37.

Man hat also stets ein helles Gesichtsfeld und die Interferenzfarbe wird höher sein, als diejenige jedes einzelnen Blättchens, wenn in jedem derselben der ordentliche oder der ausserordentliche Strahl beschleunigt wird. Es muss dagegen die Interferenzfarbe in der Newton'schen Scala tiefer liegen, wenn in dem einen Blättchen der ordentliche, in dem andern der ausserordentliche Strahl beschleunigt wird.

Denkt man sich die Hauptschnitte beider Blättchen zu einander senkrecht oder parallel, so wird das System der beiden Blättchen sich mit Beziehung auf den viermaligen Eintritt der Auslöschung des Lichtes zwischen gekreuzten Nicols genau so verhalten, wie ein einziges Blättchen. Die Interferenzfarbe, welche eintritt, sobald die Hauptschnitte der Blättchen nicht unter 90° oder 0° gegen die Nicols geneigt sind, wird steigen gegenüber der Interferenzfarbe jedes einzelnen Blättchens, wenn bei paralleler Stellung ihrer Hauptschnitte zu einander gleichwerthige Elasticitätsaxen, bei gekreuzter ungleichwerthige Elasticitätsaxen zusammenfallen. Sie wird dagegen sinken, wenn bei paralleler Lage ihrer Hauptschnitte ungleichwerthige, bei gekreuzter gleichwerthige Elasticitätsaxen dieselbe Richtung haben. Kennt man also den optischen Charakter des einen Blättchens, so kann man durch Beobachtung des Steigens oder Sinkens der Interferenzfarbe nach Einschieben des zweiten Blättchens in paralleler oder gekreuzter Stellung der Hauptschnitte den relativen Werth der Elasticitätsaxen in diesem zweiten Blättchen bestimmen.

Legt man zwei anisotrope Blättchen von gleichem optischen Charakter und solcher Dicke, dass die Gangunterschiede der durch Doppelbrechung entstehenden Strahlen in beiden Blättchen die gleichen sind, in gekreuzter Stellung ihrer Hauptschnitte über einander, so muss Dunkelheit des Gesichtsfeldes zwischen gekreuzten Nicols bei jeder Lage der Blättchen herrschen. Das gleiche Phänomen muss eintreten, wenn man zwei Blättchen von entgegengesetztem Charakter der Doppelbrechung unter denselben Verhältnissen in paralleler Lage ihrer Hauptschnitte über einander legt. Man überzeugt sich durch den Versuch leicht von der Richtigkeit, wenn man zwei gleich dicke Glimmer- oder Gypsblättchen in gekreuzter Stellung ihrer optischen Axenebenen zwischen gekreuzten Nicols betrachtet.

Eigenthümliche Modificationen der Interferenzerscheinungen beobachtet man bei Uebereinanderlagerung doppelbrechender Blätt-

chen, wenn das eine derselben stark pleochroitisch ist, also die Lichtschwingungen in bestimmter Richtung stark absorbirt. Ich discutirte dieselben vor Jahren und erklärte sie im brieflichen Verkehr mit einem befreundeten Fachgenossen; sie wurden später auch von J. L. C. Schroeder van der Kolk (Eine eigenthümliche Folge des Pleochroismus in Gesteinsschliffen. Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie u. f. mikrosk. Technik. 1890. VII. 30—32) besprochen.

Man denke sich ein Biotitblättchen quer oder senkrecht zur Basis geschnitten (*Bi*) und überlagert von Quarz (*Qu*) so, dass ihre Hauptschnitte nicht zusammenfallen und in der durch die Fig. 38a gezeigten Orientirung gegen die gekreuzten Nicols *P* und *A*. In der mit *c* bezeichneten Richtung finde vollkommene Absorption des Lichtes statt. Dann wird der vom Polarisator *P* kommende Strahl unzerlegt in den Biotit treten und hier absorbirt. In den Quarz tritt also gar kein Licht ein und das Biotit-Quarz-System erscheint in dieser Stellung zwischen gekreuzten Nicols dunkel. Dreht man die Platte, so wird das von *P* kommende Licht im Biotit zerlegt, der ausserordentliche Strahl geht hindurch, wird im Quarz wieder zerlegt und die beiden hier entstehenden Strahlen erfahren eine neue Zerlegung im Analysator *A*. Die ordentlichen Componenten werden total reflectirt, die ausserordentlichen interferiren und geben eine bestimmte Farbe. Hat man die combinirte Platte um 90° gedreht, so geht der vom Polarisator kommende Strahl unzerlegt und unabsorbirt durch den Biotit und erfährt im Uebrigen dieselben Veränderungen, wie vorher. Es kann also keine Dunkelheit zwischen gekreuzten Nicols in dieser Stellung eintreten. Vielmehr findet Auslöschung des Systems Biotit-Quarz erst dann wieder statt, wenn man um 180° gedreht hat. Die Auslöschung ist bei einer vollen Drehung also nur eine zweimalige.

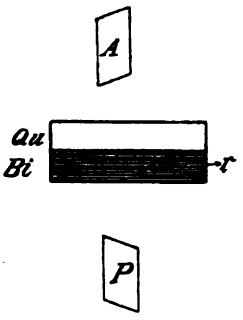


Fig. 38a.

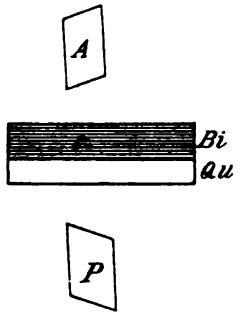


Fig. 38b.

Denkt man sich nun das Biotit-Quarz-System in der Stellung der Fig. 38b zwischen gekreuzten Nicols, also den Biotit oben und das Ganze um 90° gegen die Stellung in Fig. 38a in seiner Ebene

gedreht, so dass die Richtung der stärksten Absorption (*c*) von hinten nach vorn (in der Figur zum Punkt) verkürzt liegt. Nun wird das vom Polarisator kommende Licht im Quarz zerlegt, jeder hier entstehende Strahl erfährt im Biotit eine nochmalige Zerlegung. Die beiden parallel der starken Absorptionsrichtung *c* schwingenden Strahlen werden im Biotit absorbirt, die dazu senkrecht vibrirenden Componenten treten in den Analysator als ordentliche Strahlen und werden an der Balsamschicht total reflectirt. Es ist Auslöschung vorhanden, welche, was leicht ableitbar, bei Drehung des Systems verschwindet und erst nach einer Drehung um 180° wiederkehrt. Es erfolgt also auch hier bei voller Drehung nur eine zweimalige Auslöschung und zwar in zwei Stellungen, die zu denen im ersten Fall um 90° gedreht sind.

In diesem zweiten Fall wirkt das Glimmerblättchen als Analysator, wenn man den eigentlichen Analysator abhebt. Demzufolge zeigt dann, also bei abgehobenem Analysator, der zwischen Polarisator und Biotit lagernde Quarz Interferenzfarben.

Blättchen aus anisotropen Zwillingskrystallen im polarisirten Lichte. Dass in Schnitten aus verzwillingten Krystallen die den einzelnen Individuen zugehörigen Theile sich im Allgemeinen im polarisirten Lichte verschieden verhalten müssen, wurde bereits p. 65 erörtert. Die Dunkelstellung jeder Lamelle wird natürlich dann erreicht sein, wenn ihr Hauptschnitt parallel oder senkrecht zu dem des Polarisators steht oder also die Axen grösster und kleinster Elasticität in der Lamelle mit den Hauptschnitten von Polarisator und Analysator zusammenfallen. Die Anwendung der vorher abgeleiteten Regeln über das Verhalten doppelbrechender Lamellen im polarisirten Lichte lehrt nun, dass bei gewissen Stellungen zwischen gekreuzten Nicols die demselben Zwillingsgesetz gehorchenden Lamellen in einem verzwillingten Krystall im homogenen Lichte gleich hell und bei hinreichender Dünne auch gleichfarbig erscheinen müssen. A. Michel-Lévy hat diesen, für die Kenntniss der polysynthetischen Feldspathkrystalle besonders wichtigen Gegenstand in einer interessanten Arbeit: Sur les positions d'égale intensité lumineuse de deux minéraux juxtaposés en plaque mince. Application aux plages composées d'un mélange de deux minéraux superposés dans l'épaisseur de la plaque*. Bull. Soc. minér. Fr. 1883. No. 7, behandelt.

* cf. auch C. R. 1882. XCIV. 93.

Nimmt man an, dass das Blättchen, resp. die eine Zwillingslamelle nicht dicker sei als 0.01 mm., wie dieses bei guten Dünnschliffen zutrifft, dass der Unterschied der Brechungsexponenten für die beiden das Blättchen durchlaufenden Strahlen sehr klein sei, setzt man diesen Unterschied $o - e = X$ und die Dicke des Blättchens $= d$, so geht die auf S. 135 unter Ia gegebene Formel für die Intensität des Blättchens zwischen gekreuzten Nicols über in

$$J^2 = \sin^2 2\varrho \sin^2 \pi \frac{dX}{\lambda}$$

Darin kann man den zweiten Sinus durch seinen Bogen ersetzen und hat

$$J^2 = \frac{\pi^2 d^2}{\lambda^2} X^2 \sin^2 2\varrho \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1$$

Macht man die gleichen Annahmen für das zweite Blättchen, resp. die zweite Zwillingslamelle, so hat man für diese

$$J_1^2 = \frac{\pi^2 d^2}{\lambda^2} X_1^2 \sin^2 2\varrho_1 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 2$$

Damit die beiden Blättchen oder Lamellen gleiche Helligkeit haben, muss $J^2 = J_1^2$ sein, oder

$$X^2 \sin^2 2\varrho = X_1^2 \sin^2 2\varrho_1$$
$$X \sin 2\varrho = + X_1 \sin 2\varrho_1 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 3$$

Setzt man $\varrho_1 = \varrho + \eta$, so hat man für die positive Wurzel

$$X \sin 2\varrho = X_1 \sin 2(\varrho + \eta) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 4$$
$$X \sin 2\varrho = X_1 (\sin 2\varrho \cos 2\eta + \cos 2\varrho \sin 2\eta)$$
$$\sin 2\varrho (X - X_1 \cos 2\eta) = X_1 \cos 2\varrho \sin 2\eta$$
$$\operatorname{tg} 2\varrho = \frac{X_1 \sin 2\eta}{X - X_1 \cos 2\eta} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 5$$

Ebenso entwickelt man für die negative Wurzel in Gleichung 3)

$$X \sin 2\varrho = - X_1 \sin 2\varrho_1 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 6$$
$$\operatorname{tg} 2\varrho = - \frac{X_1 \sin 2\eta}{X + X_1 \cos 2\eta} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 7$$

Da man stets $\eta < \frac{\pi}{2}$, $X > X_1$ nehmen kann, so müssen, falls α der kleinste Winkel ist, welcher für ϱ gesetzt der Gleichung 5) genügt, alle andern Werthe von $\varrho = \alpha + n\frac{\pi}{2}$ sein, also immer um 90^0 von einander abweichen. Da nun in Gleichung 5) $\operatorname{tg} 2\varrho$ positiv ist, so muss der Werth von α zwischen 0 und $\frac{\pi}{4}$ liegen; damit muss auch, weil in Gleichung 4) $X \sin 2\alpha$ positiv ist, $X_1 \sin 2(\alpha + \eta)$ positiv sein, also $2(\alpha + \eta) < \pi$ und $\alpha + \eta < 90^0$ sein. Die Haupt-

schnitte beider Lamellen liegen demnach auf derselben Seite des Hauptschnitts vom Polarisator (Fig. 39).

Ist in Gleichung 7) β der keinste Werth, welcher für ϱ gesetzt der Gleichung genügt, so müssen die andern Werthe $\beta + n\frac{\pi}{2}$ sein, also wieder um rechte Winkel von einander abstehen. Da nun $\operatorname{tg} 2\beta$ negativ sein soll, so muss β zwischen $\frac{\pi}{4}$ und $\frac{\pi}{2}$ liegen und nach Gleichung 6), worin $2\varrho_1 = 2(\beta+\eta)$, muss auch $2(\beta+\eta) > \pi$, also $\beta+\eta > \frac{\pi}{2}$ sein. Es müssen demnach (Fig. 40) die Hauptschnitte der beiden Lamellen auf verschiedenen Seiten des Hauptschnitts des Polarisators oder Analysators liegen.

Die positiven Werthe für $\operatorname{tg} 2\varrho$ geben bei einer vollen Drehung des Schnitts in seiner Ebene 4 Stellungen gleicher Lichthelle für

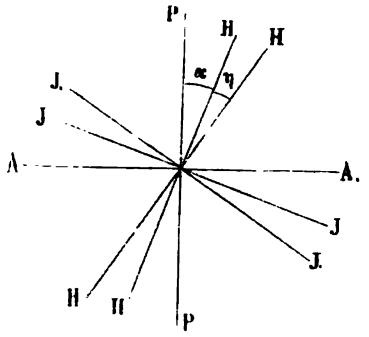


Fig. 39.

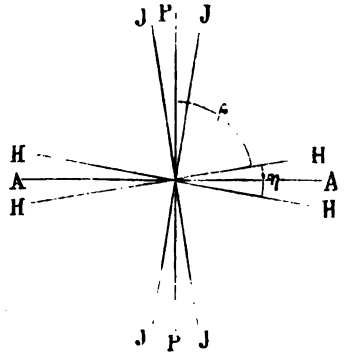


Fig. 40.

die Zwillingslamellen α, $\alpha+90$, $\alpha+180$, $\alpha+270$; ebenso erhält man aus den negativen Wurzeln von $\operatorname{tg} 2\varrho$ vier Stellungen gleicher Lichthelle der Zwillingslamellen zwischen gekreuzten Nicols, nemlich β, $\beta+90$, $\beta+180$, $\beta+270$ und somit werden bei einer vollen Umdrehung die Zwillingslamellen acht Mal gleiche Lichthelle besitzen. Sind die Lamellen nicht dünn genug, um das Phänomen im weissen Lichte gut zu zeigen, so beobachtet man bequem durch rothe Gläser.

Wenn der Schnitt durch ein System von Zwillingslamellen nicht senkrecht zur Verwachsungsebene getroffen hat, so müssen zwischen je zwei angrenzenden Zwillingslamellen Streifen vorhanden sein, welche aus übereinander liegenden Keilen der beiden angrenzenden Zwillingslamellen bestehen. Für das Verhalten dieser im polarisirten Lichte werden die vorstehenden Bemerkungen in

Verbindung mit den Bemerkungen über sich deckende Blättchen im vorigen Paragraphen massgebend sein. Nimmt man an, was ohne grossen Fehler geschehen kann, dass die Keile planparallele Platten wären, deren Dicken senkrecht zum Schliff gemessen m und m_1 seien, wobei also $m + m_1 = d$, so lässt sich für die Lichthelle dieser Streifen (cf. MICHEL-LÉVY l. c. p. 220) die Formel ableiten:

$$J_{11}^2 = \frac{\pi^2}{\lambda^2} [m X \sin 2\varrho + m_1 X_1 \sin 2\varrho_1]^2$$

Daraus ergiebt sich nach Gleichung 1) und 2)

$$J_{11}^2 = [m J + m J_1]^2$$

Für die Stellungen gleicher Lichthelle der Zwillingslamellen, bei denen also $J = J_1$ wird, gilt für den zwischen ihnen liegenden Streifen keilförmiger Ueberdeckung beider

$$J_{11}^2 = J^2 (m + m_1)^2$$

Bei den durch die Winkel $\varrho = \alpha + n\frac{\pi}{2}$ bedingten vier Stellungen gleicher Lichthelle hat man für diese Streifen

$$J_{11}^2 \quad J^2 (m + m_1)^2 = J^2$$

Die Streifen sind also ebenso hell, wie die angrenzenden Lamellen.

Bei den durch die Winkel $\varrho = \beta + n\frac{\pi}{2}$ bedingten vier Stellungen gleicher Lichthelle hat man für diese Streifen

$$J_{11}^2 = J^2 (m - m_1)^2$$

Die Streifen sind also, da $(m - m_1)^2$ ein echter Bruch ist, dunkler als die angrenzenden Lamellen und sie erscheinen völlig dunkel, wenn $m = m_1$.

Dasselbe Verhalten müssen solche Stellen in Schnitten aus Zwillingskrystallen zeigen, in denen nicht zwei, sondern viele Lamellen beiderlei Stellung mit einander abwechseln, wenn man die Summe der Dicken aller Lamellen der einen Stellung $= m$, die Summe der Dicken aller Lamellen der andern Stellung $= m_1$ setzt.

Stauroskopische Methoden zur Bestimmung der Auslöschungsrichtungen in doppelbrechenden Blättchen. Da die Bestimmung der Auslöschungsrichtungen in einem doppelbrechenden Blättchen die Anhaltspunkte abgiebt für die Erkennung der Lage der Elasticitätsaxen in dem Mineral zu den Krystallaxen und damit für die Auffindung des Krystallsystems, so gehört dieselbe zu den wichtigsten determinativen Hülfsmitteln. Nun ist das Auge verhältnissmässig unempfindlich gegen geringe Schwankungen in der Lichthelle und man wird sich leicht überzeugen, dass die Ablesungen der Stellungen grösster Dunkelheit doppelbrechender

Blättchen bei Anwendung des weissen Lichtes um ein Bedeutendes differiren können. Die Einstellung auf das Maximum von Dunkelheit, die volle Auslöschung, wird sicherer und genauer bei Anwendung von monochromatischem Lichte; doch ist die Ersetzung des weissen Lichtes durch homogenes eine unbequeme Störung und man hat daher vielfache Methoden aufgesucht, welche eine grössere Genauigkeit der Einstellung auf das Dunkelheitsmaximum auch ohne monochromatisches Licht gestatten.

Kobell* schob in den Gang des polarisirten Lichtes zwischen Blättchen und Analysator eine Calcitplatte ein, welche senkrecht zur Axe geschliffen die Interferenzfigur, ein dunkles Kreuz mit einer Anzahl concentrischer isochromatischer Kreise, nur dann ungestört zeigt, wenn die Axen grösster und kleinster Elasticität im doppelbrechenden Blättchen mit den Hauptschnitten des Polarisators und Analysators zusammenfallen und nannte ein so construirtes Instrument ein Stauroskop. Das Auge beurtheilt die Aufhebung der Störungen in der sehr symmetrischen, buntfarbigen Interferenzfigur sicherer, als den Eintritt des Dunkelheitsmaximums. — Brežina ersetzte in glücklicher Weise die senkrecht zur Axe geschnittene Calcitplatte durch eine Combination zweier nahezu senkrecht zur Axe geschliffener Platten und erhöhte dadurch die Empfindlichkeit des Instrumentes in bedeutendem Grade. Man kann durch das einfache Einschalten einer gewöhnlichen oder Brežina'schen Calcitplatte zwischen Ocular und Analysator jedes Mikroskop sofort in ein Stauromikroskop umwandeln und demselben damit dieselbe Empfindlichkeit verleihen, wie sie ein Stauroskop besitzt. Den für die Calcitplatte nothwendigen Raum gewinnt man leicht durch Auflegen eines Metallringes von entsprechender Dicke auf den Ocularteller des Mikroskopes Fig. 28 u. 30.

Denselben Zweck, welchen das Stauroskop anstrebt, grössere Genauigkeit in der Bestimmung der Auslöschungsrichtungen eines doppelbrechenden Blättchens, erreicht man noch bequemer und in noch erhöhtem Maasse, wenn man statt auf das Dunkelheitsmaximum zwischen gekreuzten Nicols auf eine bestimmte Farbe einstellt. Bringt man in den Gang des polarisirten Lichtstrahls, am bequemsten durch Einfügung in den Schlitz *tt* des Mikroskops Fig. 28 eine parallel zur Axe geschliffene Quarzplatte von solcher Dicke, dass sie das in der Newton'schen Farbenscala S. 141 fettgedruckte Violett zeigt, und in solcher Stellung, dass ihre Axe um 45° gegen

* Pogg. Ann. 1855. XCV. pg. 320.

die Hauptschnitte der in Kreuzstellung befindlichen Nicols geneigt ist, so wird das Gesichtsfeld des Mikroskops gleichmässig violett beleuchtet sein, ausser an den Stellen, wo eine doppelbrechende Substanz liegt. Schiebt man nun das zu untersuchende Blättchen auf den Mikroskoptisch so ein, dass ein Theil des Gesichtsfeldes frei bleibt, so wird das Blättchen in einer andern Farbe als Violett erscheinen, da zu dem Phasenunterschied der Strahlen, welchen sie im Quarz annehmen, sich derjenige Phasenunterschied addirt, den sie in dem doppelbrechenden Blättchen erhalten. Dreht man nun das Blättchen mit dem Mikroskoptisch, so wird in dem Augenblick, wo die Axen kleinster und grösster Elasticität im Blättchen parallel dem Nicolhauptschnitte liegen, eine Zerlegung des vom Polarisator kommenden Strahles im Blättchen nicht mehr stattfinden. Die Zerlegung findet erst in der Quarzplatte statt, und es muss daher in diesem Falle das Blättchen dieselbe Farbe zeigen, wie das Gesichtsfeld. Für diesen Fall sind also wieder die Axen grösster und kleinster Elasticität im Blättchen, d. h. sein Hauptschnitt und eine darauf senkrechte Ebene parallel den Projectionen der Arme des Ocularfadenkreuzes auf das Blättchen. — Die Einstellung auf die Farbe der Quarzplatte hat einen ausserordentlichen Grad von Schärfe, wenn das Mineralblättchen farblos ist oder doch keine allzu intensive Eigenfarbe besitzt.

Man kann selbstverständlich die Quarzplatte durch irgend eine andere Platte aus einem doppelbrechenden Mineral, welche eine empfindliche und leicht gestörte Interferenzfarbe zeigt, ersetzen und verwendet statt ihrer in vielen Fällen ein Gypsblättchen oder Glimmerblättchen mit dem Roth erster Ordnung. — C. Klein* benutzt zu gleichem Zwecke eine senkrecht zur Axe geschliffene Quarzplatte von 3.75 mm. Dicke, welcher man zufolge der Circularpolarisation dieses Minerals durch Drehung der Nicols zu einander verschiedene Farben, darunter auch die violette, als teinte de passage bezeichnete Farbe, geben kann, welche für farblose Blättchen die empfindlichste ist. Bei gefärbten Mineralien wählt man denjenigen Ton der circularpolarisirenden Quarzplatte, welcher sich in jedem Falle als der geeignetste herausstellt. Die Methode der Beobachtung und Bestimmung ist dieselbe, wie bei der parallel zur Axe geschnittenen Quarzplatte, nur hat man im Allgemeinen keine gekreuzten Nicols.

Einen wieder etwas andern Weg zur Erreichung möglichster

* L. J. 1874 pg. 9.

Genauigkeit in der Bestimmung der Lage der Schwingungsrichtungen in einem doppelbrechenden Blättchen schlugen L. Calderon und E. Bertrand ein.

L. Calderon* benutzte bei stauroskopischen Bestimmungen eine Calcitplatte, welche aus einem künstlichen Zwilling besteht, der so hergestellt wird, dass man von den zwei Hälften, welche die Durchsägung eines Calcitrhomboëders nach der kurzen Diagonale liefert, je einen keilförmigen Theil abschleift, die Stücke mit den polirten Schliffflächen wieder zusammenkittet und darauf die aus- und einspringenden Winkel der Zwillingsplatte durch zwei parallele Flächen ersetzt. Eine solche Platte wird in das Ocular des Mikroskops zwischen dessen beide Linsen und zwar im Focus der oberen Linse so eingeschaltet, dass die als feine Linie erscheinende Zusammensetzungsfläche genau parallel einem Nicolhauptschnitte steht. Bei gekreuzten Nicols zeigen alsdann die beiden Hälften genau die gleiche Auslöschung. Sobald ein doppelbrechendes Blättchen auf den Mikroskoptisch gelegt wird, ist natürlich die gleichmässige Helle der beiden Hälften der Calcitplatte gestört und kehrt erst wieder, wenn das Blättchen so weit gedreht wurde, dass seine Axen grösster und kleinster Elasticität mit den Nicolhauptschnitten coincidiren.

E. Bertrand** schaltet in dem Ocular statt der Calderon'schen Calcitplatte, aber an derselben Stelle wie diese, eine Quarzplatte ein, welche aus 2 gleich (etwa 2.5 mm.) dicken Paaren von rechts- und linksdrehendem Quarz besteht, die senkrecht zur Axe geschnitten und so zusammengekittet sind (Fig. 41), dass sich stets eine rechte Platte (*r*) mit zwei linken Platten (*l*) berührt. Diese Platte ist so in das Ocular einzufügen, dass die als sich rechtwinklig schneidende Linien erscheinenden Berührungsflächen der vier Stücke den Nicolhauptschnitten genau parallel laufen. Bei gekreuzten Nicols sind alsdann die vier Sectoren vollkommen gleich gefärbt; man wählt die Dicke der Platte am besten so, dass bei gekreuzten Nicols fast farbloses, nur ganz schwach bläulich gefärbtes Licht hindurchgeht. Nach Einschaltung eines doppelbrechenden Blättchens auf dem Mikroskoptisch erscheinen die gegenüberliegenden Sectoren der Platte gleich, die anliegenden verschieden gefärbt

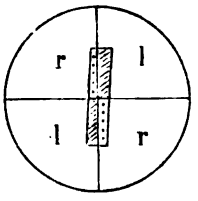


Fig. 41.

* Z. X. 1878. II. 70.
** Z. X. 1877. I. 69.

und der gleiche Ton kehrt in allen Sectoren erst dann wieder, wenn die Axen grösster und kleinster Elasticität im Blättchen parallel den Nicolhauptschnitten, also parallel den Trennungslinien der Sectoren liegen. Die Einstellung auf den Parallelismus der Hauptschnitte im Blättchen und in den Nicols ist bei dieser Platte eine ungemein scharfe, zumal wenn man das Blättchen einmal so weit dreht, dass zuerst die rechten, dann die linken Sectoren der Platte ein deutlicheres Blau zeigen und dann aus beiden Ablesungen das Mittel nimmt. — Die kleinste Abweichung aus der Parallelstellung des Blättchens erzeugt sofort verschiedene Färbung der Quarzsectoren, wie in der Fig. 41 angedeutet ist. Dieses BERTRAND'sche Ocular liefert zweifelsohne die genauesten stauroskopischen Bestimmungen auf dem bequemsten Wege und theilt den Vortheil grosser Empfindlichkeit auch für sehr schwach doppelbrechende Substanzen mit den Methoden der Einstellung auf eine Interferenzfarbe (einfache Quarzplatte oder Gypsblättchen). Um die richtige Stellung der BERTRAND'schen Platte gegen die Nicolhauptschnitte zu prüfen, resp. die nicht richtige Stellung zu corrigiren, bedient man sich am besten dünner Spaltblättchen von Anhydrit. Die gleiche Färbung der Sectoren muss eintreten, wenn eine Kante eines solchen Blättchens genau parallel den Trennungslinien der Sectoren der BERTRAND'schen Quarzplatte liegt. Dabei müssen die Nicols genau auf die für ihre Kreuzstellung bestimmenden Indices bei Nichtanwendung der BERTRAND'schen Platte einstehen und also ihre Hauptschnitte genau parallel den Fäden der Ocularfadenkreuze haben.

A. SCHRAUF* empfiehlt mit Recht, die Entfernung der Linsen im Ocular, welches die BERTRAND'sche Platte enthält, etwas grösser zu nehmen, als sie ohne diese Platte sein würde, damit der Einfluss der Lichtbrechung durch die Platte eliminirt werde und das Mikroskop nichts an seiner auflösenden Kraft einbüsse.

Bestimmung des relativen Werthes der beiden Elasticitätsaxen eines doppelbrechenden Blättchens. Eine bei mikroskopischer Mineralbestimmung häufig wiederkehrende Aufgabe ist es, festzustellen, welche der Auslöschungsrichtungen in einem Blättchen der Axe grösster, bezw. kleinster Elasticität entspricht. Man löst diese Aufgabe, welche man als die Bestimmung des optischen Charakters zu bezeichnen pflegt, durch Combination mit einem Blättchen von bekanntem Charakter. Nachdem die Lage der Elasticitätsaxen im Blättchen durch Einstellung

* Z. X. 1884. VIII. 81.

auf Dunkel zwischen gekreuzten Nicols oder auf stauroskopischem Wege festgestellt ist, giebt man dem Blättchen durch Drehung des Mikroskoptisches eine solche Stellung, dass seine Schwingungsrichtungen um 45° gegen die Hauptschnitte der gekreuzten Nicols geneigt sind. Dasselbe zeigt alsdann die seiner Dicke und der Differenz o — e entsprechende Interferenzfarbe im Maximum der Intensität. Nun bringt man ein dünnes Glimmerblättchen von oblonger Form, dessen lange Kante parallel der Ebene seiner optischen Axen ist, entweder in den Schlitz *tt* am unteren Ende des Mikroskoptubus Fig. 28 u. 30, welcher um 45° gegen die Hauptschnitte der Nicols geneigt ist, oder zwischen das Ocular und den Analysator in gleicher Stellung. Die Elasticitätsaxen im Glimmerblättchen sind alsdann parallel den Elasticitätsaxen im untersuchten Blättchen. Der Gangunterschied der Strahlen wird also durch das Glimmerblättchen vergrössert, wenn in diesem und dem Blättchen gleichwerthige Elasticitätsaxen zusammenfallen, verkleinert, wenn ungleichwerthige Elasticitätsaxen sich decken. Im ersten Falle wirkt das Glimmerblättchen wie eine Verdickung des Blättchens und die Interferenzfarbe muss demnach steigen, im zweiten Falle entspricht das Glimmerblättchen einer Verdünnung des Blättchens und die Interferenzfarbe muss fallen. Da im Glimmerblättchen parallel der Ebene seiner optischen Axen (also parallel seiner langen Kante) die Axe der kleinsten Elasticität liegt, so erhält man durch die Beobachtung direct den gewünschten Aufschluss. Es empfiehlt sich, nach dem ersten Versuch das Blättchen mit dem Mikroskoptisch um 90° zu drehen und denselben Versuch zu wiederholen; man muss natürlich nun ein Fallen der Interferenzfarbe haben, wenn dieselbe bei dem ersten Versuch stieg und umgekehrt.

Bei dickeren oder stark doppelbrechenden Blättchen wendet man zweckentsprechend sehr dünne Glimmerblättchen an, damit man nicht Interferenzfarben hoher Ordnung erhalte, welche keine ganz sichere Beobachtung erlauben, bei sehr dünnen, oder sehr schwach doppelbrechenden Blättchen empfehlen sich etwas dickere Glimmerblätter. In letzterem Falle verwendet man zumal mit Vortheil Gypsblättchen, welche das Roth erster Ordnung zeigen, und welche gleichfalls derart oblong geschnitten sind, dass ihre Kanten der Axe grösster und kleinster Elasticität parallel laufen. Nach Einschaltung solcher Blättchen in der für Glimmerblättchen angegebenen Weise erscheint das untersuchte Mineral gelb, wenn seine Axe kleinster Elasticität mit der Axe grösster Elasticität coincidirt.

blau im umgekehrten Falle. — Den NACHET'schen Mikroskopen wird zu gleichem Zwecke gewöhnlich eine Quarzplatte beigegeben, welche die teinte de passage (purpurviolett) zeigt; beim Quarz liegt die Axe kleinster Elasticität parallel der Prismenaxe, fällt mit dieser die gleichwerthige Axe im Blättchen zusammen, so steigt die Farbe nach blau und grün, fällt im umgekehrten Falle nach roth und gelb.

Bei stark doppelbrechenden Blättchen (z. B. bei den mikroskopischen Zirkonen der Gesteine) empfiehlt sich die Verwendung eines Quarzkeils zur Bestimmung des relativen Werthes der Elasticitätsaxen in denselben. Ein solcher Quarzkeil ist so geschliffen, dass seine eine Fläche genau parallel der Hauptaxe (optische Axe, Axe kleinster Elasticität) liegt, während die andere damit einen sehr kleinen Winkel bildet. Die lange Kante des sich sehr allmählig bis zu Null verjüngenden Keils giebt die Richtung der Hauptaxe an; der Keil ist zwischen zwei Glasplatten eingekittet, um seine Politur vor Schaden zu bewahren. Schiebt man einen solchen Keil zwischen die gekreuzten Nicols, und zwar am besten zwischen Ocular und Analysator, oder zwischen Objectiv und Analysator durch den unteren Schlitt *tt* am Tubus, wenn sich der Analysator in diesem befindet, so ein, dass seine lange Kante um 45° gegen die Hauptschnitte der Nicols geneigt ist, so beobachtet man streifenartig neben einander die ganze Reihe der NEWTON'schen Farben vom Eisengrau der ersten Ordnung bis in die zweite oder dritte Ordnung hinauf, wenn man ihn in der Richtung von der Schneide nach dem Rücken vorwärts bewegt und in umgekehrter Reihenfolge bei gegensinniger Bewegung. Liegt nun gleichzeitig das zu untersuchende Blättchen so im Gesichtsfeld, dass seine Hauptschwingungsrichtungen 45° gegen die Nicolhauptschnitte geneigt sind, so wird die Farbe des Quarzkeils an der Stelle, wo das Blättchen liegt, geändert werden. Und zwar erscheint eine, im Quarzkeil erst an dickerer Stelle auftretende, Farbe dann, wenn die Axe der kleinsten Elasticität im Blättchen parallel der Keilkante liegt; die Farbe entspricht dagegen einer an dünnerer Stelle des Quarzkeils vorhandenen, wenn die Axe grösster Elasticität im Blättchen der Keilkante parallel ist. Auch hier thut man gut, den Versuch zu wiederholen nach einer Drehung des Blättchens um 90°, die Erscheinung muss sich nun natürlich umkehren; die Farbe muss sinken, wenn sie vorher stieg, steigen, wenn sie vorher sank.

Ein solcher Quarzkeil dient zugleich dazu, die Ordnung zu be-

stimmen, welcher eine Interferenzfarbe in einem doppelbrechenden Blättchen angehört. Das Blättchen zeige roth und sein Hauptschnitt sei um 45° gegen die Nicolhauptschnitte verwendet. Schiebt man nun den Quarzkeil mit dem dünnen Ende voran, so zwischen Ocular und Analysator, dass seine Axe kleinster Elasticität mit der Axe grösster Elasticität im Blättchen zusammenfällt, so muss die Interferenzfarbe mehr und mehr sinken, je dickere Stellen des Quarzkeils über das Blättchen zu liegen kommen. Das Blättchen zeigt also in absteigender Linie die NEWTON'schen Farben eine nach der andern, bis der Beschleunigung des einen Strahls im Blättchen eine ganz gleiche Verzögerung desselben im Quarzkeil entspricht. In diesem Augenblick ist es dasselbe, als hätte man das Blättchen mit einem andern derselben Substanz und von gleicher Dicke gekreuzt; das Blättchen muss grau bis schwarz erscheinen, je nach der Stärke seiner Farbendispersion. Ist bei dieser Operation die Anfangsfarbe des Blättchens (roth) in ähnlicher Weise n mal wiedergekehrt, so muss die Anfangsfarbe des Blättchens von der (n+1) ten Ordnung sein.

Man kann statt eines Quarzkeils sich ebenso gut eines Gypskeils bedienen, in welchem man die Lage der Axe grösster Elasticität kennt.

Bedient man sich bei der Beobachtung eines Analysators über dem Ocular, dann ist es praktisch, in der Metallfassung des Analysators einen Schlitz unmittelbar unter dem Nicol zur Einfügung des Quarzkeils so anbringen zu lassen, dass die Richtung des Schlitzes 45° mit dem Nicolhauptschnitt bildet. — Befindet sich der Analysator im Tubus des Mikroskops, so schiebt man den Quarzkeil in den Schlitz am unteren Ende des Tubus.

Bestimmung der Brechungsexponenten in doppelbrechenden Blättchen. Bei der sehr geringen Dicke der zu mikroskopischen Untersuchungen benützten Präparate und der im Allgemeinen geringen Doppelbrechung der gesteinsbildenden Mineralien kann man, ohne hinter der unter diesen Verhältnissen erreichbaren Genauigkeit zurückzubleiben, für die Bestimmung der Brechungsexponenten sich derselben Methode bedienen, welche für isotrope Medien in planparallelen Blättchen angegeben wurde. Man wird demgemäss zunächst zwischen gekreuzten Nicols das zu untersuchende Blättchen in seine Dunkelstellung bringen und nun nach Abnahme des Analysators unter Beibehaltung des Polarisators und bei unveränderter Stellung des Blättchens den Brechungsexponenten

des parallel dem Hauptschnitt schwingenden, im Blättchen unzerlegten Strahls nach dem S. 85 angegebenen Verfahren feststellen. Dreht man alsdann das Blättchen um 90° in seiner Ebene, so lässt sich auf dieselbe Weise der Brechungsexponent für den zweiten das Blättchen durchlaufenden Strahl finden. Die erhaltenen Werthe sind natürlich nur dann die Hauptbrechungsexponenten des Minerals, wenn man dieselben an solchen Blättchen bestimmte, welche senkrecht zu einer Elasticitätsaxe geschnitten waren. — Als Signal benutzt man mit Vortheil eine mikroskopische Photographie auf Glas, etwa diejenige eines Zeitungsausschnittes mit verschieden grossen Lettern, oder sich kreuzender Strichsysteme; statt das Präparat direct auf das Signal zu legen, empfiehlt es sich, das letztere mit etwas Wachs unter dem Polarisator festzukleben und auf das verkleinerte Bild einzustellen, welches die Condensatorlinse über dem Polarisator von dem Signal entwirft. Man kann dieses Bild durch Heben oder Senken des Polarisators in die geeignete Höhe verlegen. Die Striche des Signals sollen quer gegen die Schwingungsrichtung des Strahls gerichtet sein. — Bei der Bestimmung der Brechungsexponenten freier Blättchen erhält man oft sicherere Resultate, wenn man die Bestimmung nicht direct vornimmt, sondern unter Benutzung von Flüssigkeiten mit bekannten Brechungsexponenten, durch welche hindurch das Signal ebenso scharf gesehen wird, wie durch das untersuchte Blättchen. Man verwendet dazu mit Vortheil Lösungen von Jodkaliumquecksilber in Wasser*, deren Brechungsexponent mit der Concentration in weiten Grenzen schwankt ($n = 1.330—1.726$); man bewahrt solche Lösungen von verschiedener Concentration, also bekanntem n, in gut geschlossenen Gläsern zum Gebrauch auf.

In der folgenden Tabelle sind die Brechungsexponenten der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien in absteigender Linie geordnet zusammengestellt**.

* V. Goldschmidt, Ueber die Verwendbarkeit einer Kaliumquecksilberjodidlösung bei mineralogischen und petrographischen Untersuchungen. L. J. B.-B. I. pg. 232.

** Bei doppelbrechenden Mineralien ist der Durchschnittsexponent $\frac{\omega + \varepsilon}{3}$, bezw. $\frac{2\omega + \varepsilon}{3}$ genommen, oder γ, wenn nur dieser bekannt war.

Rutil	2.805	Barkevikit	1.701	Topas	1.616
Brookit	2.637	Arfvedsonit	1.70	Katapleiit	1.612
Anatas	2.513	Diallag	1.688	Eudialyt	1.609
Perowskit	2.38	Axinit	1.684	Melinophan	1.605
Chromit	2.096	Diopsid	1.680	Calcit	1.601
Zirkon	1.972	Olivin	1.679	Muscovit	1.592
Eisenglanz	1.93	Prismatin-		Leukophan	1.588
Titanit	1.905	Kornerupin	1.677	Anhydrit	1.587
Melanit	1.889	Enstatit	1.668	Phlogopit	1.584
Uwarowit	1.838	Sillimanit	1.668	Chlorit	1.580
Almandin	1.811	Rinkit	1.668	Mejonit	1.578
Monazit	1.811	Gehlenit	1.659	Brucit	1.567
Spessartin	1.810	Clintonit	1.653	Anorthit	1.566
Aegirin	1.815	Datolith	1.650	Labrador	1.558
Orthit	1.78 (1.68)	Dumortierit	1.65	Mizzonit	1.553
Hessonit	1.763	Anthophyllit	1.644	Andesin	1.553
Korund	1.763	Gem. Horn-		Talk	1.551
Epidot	1.756	blende	1.644	Dipyr	1.550
Staurolith	1.752	Glaukophan	1.644	Quarz	1.547
Lauvenit	1.750	Andalusit	1.638	Nephelin	1.543
Pyrop	1.746	Apatit	1.636	Cordierit	1.542
Sismondin	1,741	Turmalin	1.635	Oligoklas	1.538
Idokras	1.723	Gedrit	1.634	Albit	1.535
Disthen	1.723	Aragonit	1.633	Anorthoklas	1.527
Bas. Horn-		Melilith	1.631	Orthoklas	1.524
blende	1.719	Prehnit	1.630	Gyps	1.524
Augit	1.715	Wollastonit	1.630	Cancrinit	1.515
Spinell	1.715	Strahlstein	1.625	Leucit	1.508
Wöhlerit	1.714	Humit	1.622	Hauyn	1.496
Hypersthen	1.712	Pargasit	1.622	Zeolithe	1.49
Sapphirin	1.708	Tremolit	1.622	Sodalith	1.484
Astrophyllit	1.704	Dolomit	1.622	Fluorit	1.433
Zoisit	1.703	Eukolit	1.621	Tridymit	1.428

Hat man aus der Bestimmung der Brechungsexponenten einen Schluss auf die Natur des untersuchten Körpers gezogen, so kann man die Richtigkeit dieses Schlusses nach dem GLADSTONE'schen Gesetz über das specifische Brechungsvermögen auf seine Richtigkeit prüfen. Nach dem genannten Gesetze ist $\frac{n-1}{d} = \text{const.}$, und heisst das specifische Brechungsvermögen des Körpers; darin bedeutet n den Brechungsexponenten, d die Dichte des Körpers; bei doppelbrechenden Substanzen ist statt n der Werth $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$, also das arithmetische Mittel aus den Hauptbrechungsexponenten nach dem Vorgange von E. MALLARD* zu setzen, welches man als Durch-

* Traité de cristallographie géométrique et physique. 1884. II. 474.

schnitts-Brechungsexponenten bezeichnet. Vervielfacht man das specifische Brechungsvermögen eines Körpers mit seinem Molekulargewicht, so erhält man Zahlen, welche man das molekulare Brechungsvermögen oder das Refractionsäquivalent nach dem Vorgange von LANDOLT nennen kann. Macht man alsdann die Annahme, dass das specifische resp. molekulare Brechungsvermögen einer Verbindung gleich der Summe der specifischen, resp. molekularen Brechungsvermögen der darin enthaltenen Moleküle sei, so kann man, bei bekannter chemischer Zusammensetzung und Dichte, den Durchschnitts-Brechungsexponenten einer Verbindung berechnen. Dieser würde bei den in den Gesteinen verbreiteten Substanzen nicht sehr viel von den Hauptbrechungsexponenten abweichen.

In folgender Tabelle sind nach GLADSTONE und MALLARD die betreffenden Grössen für die in den gesteinsbildenden Mineralien verbreitetsten Substanzen zusammengestellt.

	Molekulargewicht	Refractionsäquivalent	Specifisches Brechungsvermögen	
SiO_2 . . .	60.0	12.6	0.201	aus Quarz berechnet
TiO_2 . . .	82.0	33.7	0.411	aus Rutil berechnet; aus Anatas erhält man 31.4 bezw. 0.393
ZrO_2 . . .	121.6	26.8	0.299	
CaO . . .	56.0	13.3	0.237	
MgO . . .	40.0	7.1	0.177	aus Olivin berechnet
BaO . . .	153.2	18.7	0.122	
SrO . . .	103.5	16.5	0.159	
FeO . . .	72.0	13.5	0.186	
BeO . . .	29.9	7.1	0.238	
Na_2O . . .	62.1	12.5	0.201	
K_2O . . .	94.2	19.1	0.203	
Li_2O . . .	30.0	10.5	0.335	
H_2O . . .	18.0	5.5	0.306	aus Wasser berechnet
Al_2O_3 . . .	103.0	19.7	0.191	aus Korund berechnet
Fe_2O_3 . . .	160.0	29.7	0.186	
Bo_2O_3 . . .	70.0	16.7	0.238	
$NaCl$ . . .	58.5	14.7	0.253	

Danach würde sich beispielsweise das specifische Brechungsvermögen des Diopsid (CaO, MgO, $2SiO_2$) zu

$$\frac{13.3+7.1+2\times 12.6}{56+40+2\times 60}=0.211$$

berechnen. Hieraus ergiebt sich vermittelst

$$\frac{n-1}{d}=0.211 \quad (d=3.28)$$

$$n=1.692$$

Die directe Bestimmung liefert

$$\frac{\alpha_{na} + \beta_{na} + \gamma_{na}}{3} = 1.68.$$

Ebenso hätte man für den Zirkon ($Zr O_2 Si O_2$)

$$\frac{26.8 + 12.6}{121.6 + 60} = 0.217 = \frac{n-1}{d} \quad (d = 4.45)$$

$$n = 1.960.$$

Die Beobachtung ergiebt

$$n = 1.972.$$

Ebenso wie die Brechungsexponenten selbst sind auch ihre Unterschiede, d. h. die Stärke der Doppelbrechung ($\gamma - \alpha$), für eine jede Mineralart in hohem Grade charakteristisch. Man vermag die Differenz $\gamma - \alpha$ in gewissen Grenzen zu schätzen, wenn man die Höhe der Interferenzfarben solcher Schnitte von bekannter Dicke zwischen gekreuzten Nicols bestimmt, welche parallel der Ebene der optischen Axen liegen; die ein solches Blättchen durchlaufenden Strahlen schwingen ja parallel a und c und ihr Gangunterschied ist also proportional ($\gamma - \alpha$) d. wenn d die Dicke des Blättchens bedeutet.

Bei sehr dünnen Blättchen kann man unter Vernachlässigung der Dispersion die Differenz der Brechungsexponenten der beiden dasselbe durchlaufenden Strahlen mit Hülfe des Babinet'schen Compensators bestimmen*. Ein solcher Compensator besteht aus zwei gleichen, mit einer ihrer Flächen parallel der Hauptaxe geschnittenen, sehr spitzen Quarzkeilen; bei dem einen liegt die Hauptaxe parallel der Schneide des Keils, bei dem andern parallel seiner langen Kante. Mit ihren geneigten Flächen aufeinander gelegt, bilden die beiden Keile eine planparallele Platte Fig. 42). Denkt man sich auf die Fläche ad parallele homogene Lichtstrahlen senkrecht auffallen, so wird ein Strahl, welcher, bei s auffallend, gleich dicke Schichten beider Keile durchläuft, in zwei Strahlen zerfallen, von denen der eine in dem Keile acd gegenüber dem andern um dieselbe Grösse beschleunigt wird, wie er in dem zweiten Keile acb verzögert wird. Zwischen gekreuzten Nicols muss also, da hier keinerlei Phasendifferenz zu Stande kommt, eine

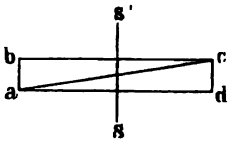


Fig. 42.

* cf. E. Mallard, Sur la détermination des indices principaux de la boracite. Bull. Soc. min. Fr. VI. 1883. 129 sqq. und Traité de cristallographie II. 399. Paris. 1884.

dunkle Linie in der Mitte des Keils sichtbar werden, auf welcher alle auf demselben Querschnitt wie ss' durchgehenden Strahlen austreten. Beiderseits dieser Linie wird, wenn der Keil um 45° gegen die Nicolhauptschnitte geneigt ist, die Platte hell erscheinen bis zu Stellen links und rechts, wo der Gangunterschied der Strahlen nach dem Durchgang durch beide Keile eine, zwei u. s. w. ganze Wellenlängen beträgt. An allen diesen Stellen werden dunkle Linien liegen, wie bei ss'. Im weissen Lichte werden natürlich beiderseits der dunklen Linie die Newton'schen Farben in aufsteigender Ordnung erscheinen, die parallel zu der Schneide der Keile liegen.

Der eine Keil abc kann vermittelst einer Mikrometerschraube um messbare sehr kleine Grössen über den festen Keil acd hinweggeschoben werden und der Compensator ist zwischen die Linsen eines Oculars dicht unter dem Fadenkranz so eingeschaltet, dass im weissen Licht der dunkle centrale Streifen bei Einstellung der Mikrometerschraube auf den Nullpunkt genau mit einem Faden des Fadenkreuzes zusammenfällt, welches um 45° gegen die Nicolhauptschnitte gedreht ist. Wenn man nun bei gekreuzten Nicols vermittelst der Mikrometerschraube den einen Keil des Compensators in homogenem Lichte soweit verschiebt, bis zwei aufeinanderfolgende dunkle Streifen mit dem Faden des Fadenkreuzes zur Deckung gebracht worden sind und diese Drehung $= \delta$ an der Mikrometerschraube abliest, so entspricht δ einer Wellenlänge des angewandten Lichtes, in Theilen des Schraubenganges ausgedrückt. Ist diese Grösse δ ein für allemal festgestellt, so findet man den Werth $\omega - \varepsilon$ in einem Blättchen folgendermassen. Durchläuft der ordentliche Strahl das Blättchen in t_o, der ausserordentliche in t_e Sekunden, so würden die beiden Strahlen während derselben Zeiten in Luft die Strecken

$$\begin{matrix} o = v.t_o \\ e = v.t_e \end{matrix} \text{ und } t_o - t_e = \frac{1}{v}(o - e) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ I.}$$

zurücklegen, wenn v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in Luft ist. Die Wegdifferenz der beiden Strahlen in Luft wäre also $o - e$ mm, die Phasendifferenz $\frac{o-e}{\lambda}$, wenn λ die Wellenlänge des angewandten Lichtes ist. — Nennt man die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden Strahlen im Blättchen beziehungsweise v_o und v_e, die Dicke des Blättchens d, so ist auch

$$\begin{matrix} t_o . v_o = d \\ t_e . v_e = d \end{matrix} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ II}$$

und die Brechungsexponenten im Blättchen sind

$$\omega = \frac{v}{v_o} \quad \text{III)}$$

$$\varepsilon = \frac{v}{v_e}$$

Aus II) und III) folgt

$$t_o \cdot \frac{v}{\omega} = d$$

$$t_e \cdot \frac{v}{\varepsilon} = d$$

$$t_o - t_e = \frac{d}{v}(\omega - \varepsilon),$$

und nach Einführung des Werthes I)

$$\omega - \varepsilon = \frac{o-e}{d} = \frac{o-e}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{d}$$

Die Differenz $\omega - \varepsilon$, d. h. die Stärke der Doppelbrechung im Blättchen, wird also gefunden durch die Grössen $\frac{o-e}{\lambda}$, die Phasendifferenz, und d, die Blattdicke.

Die Grösse $\frac{o-e}{\lambda}$ findet man auf folgende Weise. Man stellt den Compensator auf Null und schiebt das Blättchen unter das Mikroskop so ein, dass seine Hauptschwingungsrichtungen mit denen im Compensator parallel stehen und mit denen der gekreuzten Nicols 45° bilden. Es wird alsdann im weissen Lichte, je nachdem die gleichwerthigen Elasticitätsaxen im Blättchen und dem unteren Keil des Compensators parallel oder gekreuzt sind, der dunkle Streifen nach links oder rechts verschoben erscheinen, d. h. der Gangunterschied der Strahlen ist gewachsen oder kleiner geworden. Damit der dunkle Streifen wieder mit dem Faden sich decke, wird man den oberen Keil des Compensators nach rechts oder links verschieben, d. h. verdicken oder verdünnen müssen. Die abgelesene Verschiebung sei $= 1$; dann ist $\frac{o-e}{\lambda} = \frac{1}{\delta}$ und die obige Formel für die Doppelbrechung wird

$$\omega - \varepsilon = \frac{1 \cdot \lambda}{\delta \cdot d},$$

worin z. B. für Natriumlicht $\lambda = 0.000589$.

Bei sehr dünnen Blättchen kann man unbeschadet der Genauigkeit in weissem Lichte beobachten; strebt man die möglichste Annäherung an den wirklichen Werth an, so wird man, nachdem der verschobene Streifen im weissen Lichte fast wieder eingestellt wurde, monochromatisches (Na) Licht zur genauen Einstellung benutzen. Man muss mit weissem Lichte beginnen, weil nur in diesem ein dunkler Streifen erscheint, während man bei homogenem

Lichte leicht die verschiedenen dunklen Streifen verwechseln könnte. Die Methode ist anwendbar bei sehr dünnen Blättchen und nicht allzustarker Doppelbrechung und auch bei blosser Verwendung des weissen Lichtes recht genau.

Die Dicke des Blättchens d bestimmt man entweder nach der S. 86 angegebenen Methode oder nach Vorschlag von Mallard dadurch, dass man gleichzeitig mit dem zu untersuchenden Blättchen und auf demselben Glase mehrere Blättchen mit bekanntem Unterschied der Brechungsexponenten schleift; er empfiehlt Barytspaltungsblättchen nach der Basis. Ob die verschiedenen Barytblättchen gleiche Dicke haben, erkennt man daran, dass sie zwischen gekreuzten Nicols gleiche Interferenzfarbe zeigen. Ist dieses der Fall, so darf man annehmen, dass auch das zwischen ihnen liegende Blättchen des zu untersuchenden Minerals dieselbe Dicke habe, wie sie. Bestimmt man nun den Gangunterschied der Strahlen in den Barytblättchen, so kann man, da der Unterschied der Brechungsexponenten bekannt ist, aus der Formel

$$\frac{l \cdot \lambda}{\delta \cdot d} = \omega - \varepsilon$$

den Werth d bestimmen.

Die beste Methode zur Bestimmung von d ist nach vielen Versuchen, welche Herr Dr. Wülfing* anstellte, die directe Messung derselben an dem auf die hohe Kante gestellten Blättchen mit einem Tischmikrometer, beziehungsweise den Mikrometerschrauben des Tisches der grossen Mikroskopmodelle von Fuess oder Voigt und Hochgesang. Er empfiehlt folgendes Verfahren. Man befestigt das Blättchen an der Axe des später zu besprechenden Oelaxenwinkelapparates der grossen Mikroskope und trägt Sorge, dass die Drehaxe möglichst in die Fläche des Präparats falle, damit dasselbe bei Ermittlung der Phasendifferenz nach Drehung um 90° möglichst horizontal liege. Das Blättchen wird zunächst parallel zur Sehrichtung gestellt; dass dieses erreicht ist, erkennt man daran, dass nach Einstellung des Fadenkreuzes auf die kleinen Staubtheilchen an einer oberen Kante bei der Senkung des Tubus durch die Mikrometerschraube desselben die Staubtheilchen auf der Fläche ebenfalls in dem Fadenkreuz oder doch nicht weit davon auftauchen. Ferner muss die Blattfläche senkrecht auf die Schraube gestellt sein, mit welcher die Dicke gemessen werden soll. Zu dem

* Dem Abschnitte über den Compensator liegen persönliche Mittheilungen des genannten Herrn zu Grunde.

Ende werden die Schraubenaxen parallel und senkrecht zum Fadenkreuz gestellt, was man daran erkennt, dass bei der Verschiebung ein auf einem Faden eingestellter Punkt an diesem Faden entlang gleitet. Bei dieser Stellung des Tisches stellt man nun den Querschnitt des Blättchens mit einem Faden parallel und kann nun mit der diesem Faden parallelen Schraube die Dicke messen. Die Benutzung des Oelaxenwinkelapparates hat den Vortheil, dass man den Punkt, an welchem d gemessen wurde, bei Drehung in die Horizontalstellung im Auge behalten und also denselben Punkt auch zur Ermittlung von $\frac{o-e}{\lambda}$ benutzen kann.

Wird der Gangunterschied der Strahlen in dem untersuchten Blättchen zu gross, um ihn noch durch Verschiebung des oberen Compensatorkeils compensiren zu können, so verkleinert man denselben durch Einschaltung von Glimmer oder Gypsblättchen zwischen Blättchen und Compensator in solcher Stellung, dass die ungleichwerthigen Elasticitätsaxen parallel liegen.

Zur Ermittlung der Maximaldoppelbrechung in einaxigen Krystallen müssen die Blättchen natürlich parallel zur Hauptaxe, zur Ermittlung der Differenzen $\gamma - \alpha$, $\gamma - \beta$, $\beta - \alpha$ in zweiaxigen senkrecht auf b, a und c geschliffen sein. Hat man diese drei Differenzen bestimmt, so ergiebt sich daraus annäherungsweise der Winkel der optischen Axe.

Bestimmt man in der gleichen Weise in Blättchen, die man nach Beobachtungen im convergenten Lichte passend auswählen kann, die Differenzen $\alpha - \beta$, $\beta - \gamma$, so lässt sich annäherungsweise der Winkel der optischen Axen aus diesen Differenzen berechnen. Nach S. 102 ist

$$\cos^2 V = \frac{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}} = \frac{\alpha^2}{\beta^2} \cdot \frac{\gamma^2 - \beta^2}{\gamma^2 - \alpha^2}$$

Demnach annähernd $\cos^2 V = \frac{\gamma - \beta}{\gamma - \alpha}$. — Aehnliche Formeln leiten sich leicht aus der Grundgleichung für $\sin^2 V$ und $tg^2 V$ ab.

A. Michel-Lévy* hat zur Bestimmung des Unterschieds der Brechungsexponenten der beiden ein doppelbrechendes Blättchen durchlaufenden Strahlen ein eigenes kleines Instrument, den Comparateur, durch Nachet construiren lassen, welches Fig. 43 a in Totalansicht und Fig. 43 b seinem inneren Bau nach darstellt.

* A. Michel-Lévy, Mesure du pouvoir biréfringent des minéraux en plaques minces. Bull. Soc. min. Fr. 1883. VI. 143.

O ist ein schwaches Ocular, welches an der Stelle des Fadenkreuzes das totalreflectirende Prisma *P* enthält. Auf dieses ist mit Canadabalsam der kleine Glascylinder *P'* gekittet, welcher dem vom Objectiv kommenden Lichte den Durchgang durch *P* gestattet. Von der in Fig. 43 b als Hypothenuse erscheinenden reflectirenden Fläche des Prismas wird das aus dem Ansatzrohr *NAN'* kommende Licht ins Auge gespiegelt. Dieses Ansatzrohr empfängt die Beleuchtung durch einen kleinen, in allen Richtungen drehbaren Spiegel, der dasselbe auf das Prisma *C* und von hier in ein polarisirendes Nicol *N'* wirft. Die Klammern an diesem Prisma in Fig. 43a dienen, um farbige Gläser festzuhalten für die Herstellung homogenen Lichtes. An der mit einer Theilung versehenen und in der Axe des Ansatzrohres durchbohrten Leiste *A* hin ist vermittelst des Triebes *L* ein sehr dünner Quarzkeil langsam verschieblich. Die Leiste *A* ist um die Axe des Ansatzrohres drehbar. Das durch den Quarzkeil und die Durchbohrung der Leiste gehende Strahlenbündel durchläuft das analysirende Nicol *N* und die Linse *B* und gelangt durch Totalreflexion in *P* zum Auge. Denkt man sich die Nicols im Ansatzrohr und im Mikroskop gekreuzt und auf dem Mikroskoptisch ein doppelbrechendes Blättchen, so wird das beobachtende Auge die Mitte des Gesichtsfeldes durch *P'* in der Farbe des Blättchens, die Peripherie desselben in der Farbe des Quarzkeils sehen. Stehen die Hauptschnitte von Quarzkeil und Blättchen in gleicher Neigung zu den Nicols (45°) und verschiebt man in geeigneter Weise vermittelst *L* den Quarzkeil, so wird

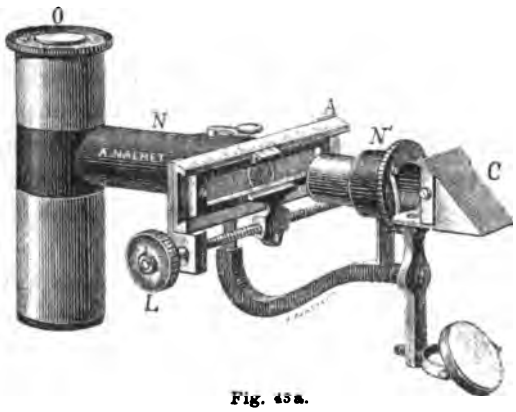


Fig. 43a.

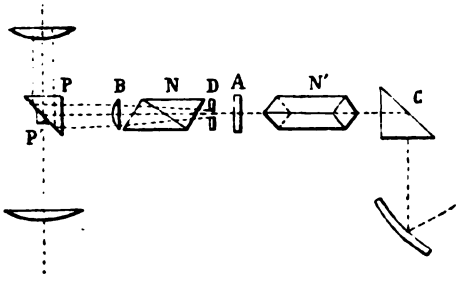


Fig. 43 b.

für eine bestimmte Stellung des Quarzkeils der Unterschied in der Beleuchtung der Mitte und Peripherie des Gesichtsfeldes für das beobachtende Auge verschwunden sein. Bei dieser Stellung ist der Phasenunterschied der das Blättchen durchlaufenden Strahlen genau derselbe wie derjenige der durch den Quarzkeil gegangenen Strahlen. Man kann also die Grösse o — e mit derselben Bedeutung wie im Compensator durch die Stellung des Quarzkeils messen, wenn dieser tarirt ist. Behufs dieser Tarirung verschiebe man den unter 45° gegen die Nicolhauptschnitte gedrehten Quarzkeil an der Leiste *A* hin vom dünnen Ende nach dem dicken und lese an der Scala der Leiste die Stellungen t und t' ab, bei denen das erste und zweite Violett erscheint. Dann entspricht t nach S. 141, No. 18 einem Gangunterschiede in Luft von 575, t' einem solchen (No. 30) von 1128 Millionstel Millimetern und ein Intervall der Theilung an der Leiste *A* ist in Millionstel Millimetern

$$\delta = \frac{1128 - 575}{t' - t}$$

Für den Punkt, wo die Dicke des Quarzkeils = 0 ist, also für den idealen Anfangspunkt des Keils hat man

$$T = t - \frac{575}{\delta}$$

und für einen beliebigen Theilstrich der Scala t'' ist der Phasenunterschied dann

$$(t'' - T)\,\delta.$$

Aus dieser und der Dicke des Blättchens ergiebt sich der Werth $\omega - \varepsilon$ in derselben Weise wie beim Compensator.

Die Tarirung des Quarzkeils kann etwas genauer im Natriumlicht vorgenommen werden. — Um den Quarzkeil genau 45° gegen die Nicols zu neigen, was meist durch eine Marke erleichtert ist, legt man auf den Objecttisch des Mikroskops zunächst einen Quarz etwa mit Gelb II. Ordnung unter genau 45° seines Hauptschnittes gegen den Polarisator und stellt auf diesen den Quarzkeil ein, was sehr genau möglich ist, lässt nun den Quarzkeil in der gefundenen Stellung und bringt erst jetzt das zu bestimmende Blättchen unter das Mikroskop. Die Einstellung auf Farbengleichheit der Mitte und Peripherie des Gesichtsfeldes ist nicht sehr genau bei den unteren Farben der I. Ordnung. Zeigt das Präparat diese, so verdickt man es durch Auflegen von Quarzblättchen mit bekanntem Phasenunterschied. — Zur Messung der Dicke bedient man sich des oben angegebenen Mallard'schen Verfahrens oder der Methode, welche bei der Bestimmung des Brechungsexponenten S. 86 angegeben wurde.

	$\gamma - \alpha$	Dicke, bei welcher Roth I. Ordnung in mm erscheint
Rutil	0.287	0.00192
Dolomit	0.179	0.00308
Calcit	0.172	0.00320
Brookit	0.158	0.00349
Aragonit	0.156	0.00353
Titanit	0.108	0.00510
Cassiterit	0.097	0.00568
Anatas	0.073	0.00755
Bas. Hornblende	0.072	0.00765
Zirkon	0.062	0.00889
Astrophyllit	0.055	0.01018
Aegirin	0.050	0.01102
Biotit	0.050	0.01102
Talk	0.045	0.01224
Monazit	0.045	0.01224
Fayalit	0.045	0.01224
Phlogopit	0.044	0.01252
Datolith	0.044	0.01252
Anhydrit	0.043	0.01281
Muscovit	0.042	0.01312
Låvenit	0.040	0.01377
Epidot	0.037	0.01490
Lazulith	0.036	0.01530
Olivin	0.036	0.01530
Mejonit	0.036	0.01530
Humit	0.033	0.01670
Prehnit	0.033	0.01670
Diopsid	0.030	0.01837
Cancrinit	0.030	0.01837
Katapleiit	0.030	0.01837
Grünerit	0.03	0.01837
Thomsonit	0.028	0.01968
Tremolit	0.027	0.02041
Leukophan	0.027	0.02041
Wöhlerit	0.026	0.02119
Rosenbuschit	0.026	0.02119
Aktinolith	0.025	0.02204
Diallag	0.024	0.02296
Pistazit	0.024	0.02296
Anthophyllit	0.024	0.02296
Karpholith	0.024	0.02296
Turmalin	0.023	0.02396
Hornblende	0.023	0.02396
Augit	0.022	0.02505
Glaukophan	0.022	0.02505
Hydrargillit	0.022	0.02505
Brucit	0.021	0.02624
Sillimanit	0.021	0.02624
Gedrit	0.021	0.02624
Barkevikit	0.021	0.02624
Alunit	0.020	0.02755
Diaspor	0.020	0.02755
Hedenbergit	0.019	0.02869
Melinophan	0.019	0.02869
Mizzonit	0.015	0.03673
Dipyr	0.013	0.04238
Prismatin	0.013	0.04238
Hypersthen	0.013	0.04238
Wollastonit	0.012	0.04592
Disthen	0.012	0.04592
Anorthit	0.012	0.04592
Natrolith	0.012	0.04592
Mosandrit	0.012	0.04592
Rinkit	0.012	0.04592
Serpentin	0.012	0.04592
Hjortdahlit	0.012	0.04592
Andalusit	0.011	0.05009
Staurolith	0.010	0.05510
Chloritoid	0.010	0.05510
Dumortierit	0.010	0.05510
Axinit	0.010	0.05510
Bronzit	0.010	0.05510
Gyps	0.010	0.05510
Korund	0.009	0.06122
Topas	0.009	0.06122
Cordierit	0.009	0.06122
Margarit	0.009	0.06122
Klinochlor	0.009	0.06122
Quarz	0.009	0.06122
Orthoklas	0.008	0.06887
Albit	0.008	0.06887
Skolezit	0.008	0.06887
Kaolin	0.008	0.06887
Gehlenit	0.006	0.09183
Sapphirin	0.006	0.09183
Zoisit	0.006	0.09183
Antigorit	0.006	0.09183
Melilith	0.005	0.11020
Apatit	0.004	0.13775
Nephelin	0.004	0.13775
Eukolit	0.003	0.18367
Pennin	0.003	0.18367
Eudialyt	0.002	0.27550
Vesuvian	0.002	0.27550
Tridymit	0.002	0.27550
Leucit	0.001	0.55100

In der vorstehenden Tabelle sind die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien nach abnehmender Stärke der Doppelbrechung zusammengestellt und die Dicken angegeben, bei denen als Interferenzfarbe das Roth der I. Ordnung auftreten würde. Nach der Tabelle auf S. 141 No. 16 ist der Gangunterschied der beiden Strahlen, durch welche das Roth I. Ordnung entsteht = 0.000551. Diese Zahl ist also zugleich die Dicke einer Luftschicht, um welche der Weg des einen Strahls in Luft grösser sein muss, als derjenige des andern, wenn n für Luft = 1 gesetzt wird. Da nun in einer doppelbrechenden Substanz der gleiche Gangunterschied der beiden Strahlen bei um so geringerer Dicke erreicht wird, je grösser $\gamma - \alpha$ ist, so erhält man die zur Erzeugung des Roth I. Ordnung erforderliche Dicke einer Substanz durch den Quotienten $\frac{0.000551}{\gamma - \alpha}$.

Die aufmerksame Betrachtung dieser Tabelle mit derjenigen auf S. 157 wird sofort den grossen Nutzen darthun, welchen die gleichzeitige Benutzung derselben bei der Bestimmung der Mineralien im Dünnschliff zu leisten vermag.

d. Untersuchung der Mineralien im convergenten polarisirten Lichte.

Wenn die Beobachtung im parallelen polarisirten Lichte Mittel an die Hand giebt, die Lage der Elasticitätsaxen in einem doppelbrechenden Blättchen zu bestimmen und aus einer Anzahl solcher Bestimmungen an Blättchen von verschiedener Lage aus einem Krystall die Orientirung der Elasticitätsaxen gegen die Krystallaxen und damit das Krystallsystem abzuleiten, sowie den Brechungsexponenten und die Grösse der Doppelbrechung angenähert oder genau zu bestimmen, so dient die Beobachtung im convergent polarisirten Lichte zur Unterscheidung der einaxigen Krystalle von den zweiaxigen, zur Bestimmung der Dispersionen, des optischen Charakters und ermöglicht endlich die Entscheidung, ob ein im parallelen polarisirten Lichte isotropes Blättchen einer isotropen Substanz zugehört, oder einem anisotropen Körper, welcher senkrecht zu seiner optischen Axe geschnitten wurde.

Beobachtungsmittel. Bei makroskopischen Mineraluntersuchungen im convergent polarisirten Lichte bedient man sich vielfach des nach Nörremberg benannten Polarisationsinstrumentes. Dasselbe (Fig. 44) wird vermittelst des Spiegels S mit weissem Wolkenlicht oder dem Lichte einer homogen gefärbten Flamme beleuchtet. Die Strahlen werden durch den unter dem Polarisations-

winkel von 35° 25′ gegen die Axe des Instrumentes geneigten Glasspiegel *P* durch Reflexion linear polarisirt und durch ein Linsensystem von kurzer Brennweite in der Metallhülse *A* stark convergent gemacht. Unmittelbar auf die obere Linse in *A* legt man die zu untersuchende Platte, so dass der Focus des Linsensystemes *A* (dasselbe heisse Condensator), in welchem sich die zum Bilde vereinigten Strahlen schneiden, in der Platte liegt. Aus der Mineralplatte treten demnach stark divergente Bündel von parallelen Lichtstrahlen aus, welche durch ein Linsensystem im unteren Ende des Rohres *B* zu einem reellen Bilde im Focus dieses Systemes wieder vereinigt werden. Dieses reelle Bild wird durch eine Loupe am oberen Ende des Rohres *B* vergrössert und als virtuelles Bild betrachtet, indem man das analysirende Nicol *G* zwischen Auge und Loupe bringt.

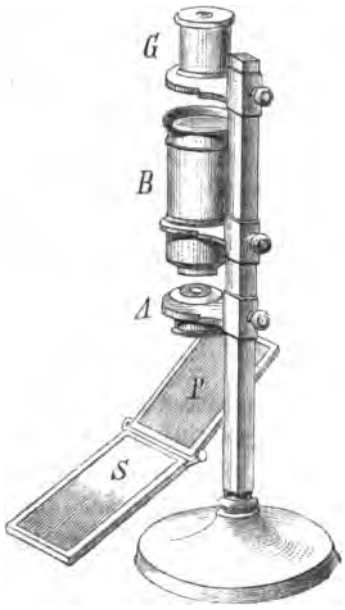


Fig. 44.

Der Natur der Sache nach ist das Nörremberg'sche Polarisationsinstrument für mikroskopische Untersuchungen nicht geeignet und man hat daher das Mikroskop, welches an und für sich ein vorzügliches Polarisationsinstrument für paralleles Licht ist, auch zu Beobachtungen im convergenten Lichte eingerichtet. Besonders E. Bertrand*, C. Klein**. A. von Lasaulx***, H. Laspeyres† und E. Mallard†† haben die Wege gewiesen, auf denen es möglich wurde, das Mikroskop zum

---

* E. Bertrand, De l'application du microscope à l'étude de la minéralogie. Bull. Soc. min. Fr. 1878. I. 27; — Nouveau minéral des environs de Nantes. Ibid. 1880. III. 97.

** C. Klein, Ueber den Feldspath im Basalt vom Hohen Hagen. Nachr. d kön. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1878. No. 14. 451.

*** A. v. Lasaulx, Ueber die Verwendung des Mikroskops als Polarisationsinstrument im convergenten Lichte. L. J. 1878. 377.

† H. Laspeyres, Die krystallographischen und optischen Eigenschaften des Manganepidot. Z. X. 1880. IV. 460.

†† E. Mallard, Sur la mesure de l'angle des axes optiques. Bull. Soc. minér. Fr. 1882. V. 77.

besten Instrument für Studien im convergenten Lichte umzugestalten.

Schraubt man auf dieselbe Metallhülse, welche den Polarisator enthält, oder schiebt man, wie S. 123 und 130 beschrieben, über den Polarisator eine starke Sammellinse oder besser ein System solcher, rückt diese durch Heben des Polarisators soviel wie möglich an das Object, welches auf einem nicht zu dicken Objectträger liegt und nähert man dem Objecte, welches gar nicht oder von einem möglichst dünnen Deckgläschen bedeckt wird, ein starkes Objectiv, so befindet sich die untersuchte Platte genau unter denselben Verhältnissen, wie im Nörrenberg'schen Polarisationsapparat und die stark divergenten Strahlenbündel, welche die Platte durchlaufen, werden von dem Objectiv in dessen Focalebene zu einem Luftbilde vereinigt. Entfernt man das Ocular und blickt in den Tubus unter Einschaltung eines Analysators, so sieht man dieses verkleinerte Bild aus ziemlich grosser Entfernung. Dasselbe ist äusserst scharf und klar, aber eben sehr klein. Diese Methode der Beobachtung wurde von A. v. Lasaulx vorgeschlagen. — Lässt man das Ocular im Tubus, so werden die vom Objectiv kommenden Strahlen durch die Collectivlinse des Oculars wieder zum Bilde vereinigt und treten als convergente Bündel paralleler Lichtstrahlen aus der oberen Linse des Oculars aus. Vereinigt man diese parallelen Lichtstrahlen wieder dadurch, dass man in einer kleinen Entfernung über dem Ocular, welches den Analysator trägt, eine Loupe hält, so bekommt man ebenfalls das Interferenzbild der untersuchten Platte deutlich und scharf. Es ist das C. Klein'sche Verfahren. Auch hier ist das Interferenzbild zwar sehr scharf, aber auch sehr klein und beide Methoden haben überdiess den Nachtheil, dass man des Fadenkreuzes im Ocular entbehrt.

E. Bertrand empfahl ein Verfahren, bei welchem man ohne das Ocular zu entfernen, die Interferenzfiguren im convergenten polarisirten Lichte stark vergrössert wahrnimmt. Er schaltet durch eine seitliche Spalte im Tubus über dem Focus des Objectivs eine schwache Sammellinse ein, welche sich durch Zahn und Trieb etwas heben oder senken lässt. Dieselbe combinirt sich mit dem Ocular des Mikroskops zu einem neuen Mikroskop, vermittelst dessen man das Bild betrachtet, welches das Objectivsystem entworfen hat. Die Vorzüge, welche dieses Verfahren darbietet, haben die deutschen Mechaniker veranlasst, dasselbe ganz zu adoptiren, wie Voigt und Hochgesang bei ihrem nach C. Klein's Angaben construirten grossen

Mikroskop und HARTNACK nach Angaben von H. LASPEYRES, oder doch die in den Tubus eingeschobene Linse, wie VOIGT und HOCHGESANG bei ihren kleinen Mikroskopen und R. FUESS. Diese Linse wird bei einigen Constructionen in den Spalt *tt* (Fig. 28) eingeschoben, bei andern befindet sie sich in einem an die Stelle des Oculars in den Tubus zu senkenden Cylinder, der eine Hebung oder Senkung dieser Linse gestattet. In beiden letzteren Fällen ist das Ocular zu entfernen und die Linse dient also allein zur Vergrösserung des vom Objectiv gelieferten Interferenzbildes der Platte.

In den neueren Mikroskopen von R. FUESS (Fig. 30 auf S. 122) dient die Oeffnung *K* in der linksseitigen Tubuswand zur Aufnahme einer in den Schieber *f* gefassten Linse. Dieser Schieber wird bei Ausschaltung der Linse durch den federnden Anschlag *g* fixirt: die richtige Einschaltung der Linse in den Tubus wird durch den Anschlag des Schiebers *f* an die Wand des Auszugrohres gegeben. Diese Linse als Objectiv verbindet sich nun mit einem RAMSDEN'schen Ocular zu einem schwachen Mikroskop mit etwa fünffacher Vergrösserung, welches durch einen vorn unter *R* sichtbar werdenden Trieb gehoben und gesenkt werden kann. Die Mikrometereintheilung am Auszugsrohr giebt den Abstand des Oculars vom Objectiv und gestattet zugleich die Fixirung des Auszugsrohrs in diejenige Stellung, bei welcher die von den verschiedenen Objectiven entworfenen Interferenzbilder ohne Parallaxe gesehen und also ohne Fehler gemessen werden können. Da, wie bei dem NACHET'schen Mikroskop, die BERTRAND'sche Linse in *f* eine constante Entfernung vom Oculator hat, so ist die Vergrösserung des aus dieser und dem RAMSDEN'schen Ocular gebildeten Mikroskops eine constante, die ein für allemal bestimmt werden kann, was bei der älteren Construction von VOIGT und HOCHGESANG nicht der Fall ist. Das RAMSDEN'sche Ocular enthält ein Glasmikrometer zur Bestimmung des horizontalen Abstandes der Axenbilder in zweiaxigen Platten. Als Analysator dient bei Benutzung dieses Apparats ein Nicol, welches auf das Ende des Ocularrohrs gestülpt und vermittelst einer Theilung von 360° in jede gewünschte Stellung gebracht werden kann.

Das Gesichtsfeld ist um so grösser, je stärker die Linsensysteme über dem Polarisator und im Objectiv sind; um Totalreflexion an den Luftschichten zwischen der Platte und den Linsensystemen zu vermeiden, thut man gut, bei starker Convergenz zwischen beide Linsensysteme und die Platte Wasser, Mandelöl,

Naphthalinbromat oder irgend eine stark lichtbrechende Flüssigkeit zu bringen, welche den Linsen und ihren Metallfassungen nicht schadet.

Die Vorzüge, welche das zum Polarisationsinstrument umgewandelte Mikroskop vor allen andern Apparaten dieser Art besitzt, bestehen darin, dass die Interferenzfiguren noch in sehr dünnen Platten, ja in diesen heller und reiner erscheinen, als in dicken Platten, dass die Platten nur eine ganz minimale Flächenausdehnung zu besitzen brauchen, dass man durch Einfügung des Oculars bei dem v. Lasaulx'schen, durch Fortnahme der Linse bei dem Bertrand'schen Verfahren das Instrument sofort als Mikroskop benutzen und bestimmen kann, von welchem Punkte einer Platte das beobachtete Interferenzfeld herrührte, und endlich, dass wegen des geringen Durchmessers der starken Objectivlinse nur sehr kleine Flächentheile der untersuchten Platte zur Beobachtung gelangen. Diese Vorzüge sind es wesentlich, welche der Anwendung des Mikroskopes als Polarisationsinstrument solche ausserordentliche Erfolge beim Studium der complicirten Zwillingsbildungen sicherten, wie sie die Arbeiten von C. Klein, E. Mallard, A. v. Lasaulx u. A. am Boracit, Leucit, Tridymit u. s. w. brachten.

Interferenzerscheinungen einaxiger, senkrecht zur Axe geschnittener Blättchen im convergenten polarisirten Lichte. Es wurde an früherer Stelle gezeigt, dass ein der basischen Endfläche eines einaxigen Minerals paralleles Blättchen sich im parallel polarisirten Lichte genau so verhalten würde, wie irgend ein Blättchen eines isotropen Mediums. Beide müssen während einer vollen Drehung in ihrer Ebene zwischen gekreuzten Nicols dunkel bleiben, zwischen parallelen Nicols hell. Ersetzt man das parallele Licht durch convergentes, so wird dadurch eine Aenderung dieses Phänomens bei den isotropen Blättchen nicht bedingt werden, da in keinem Falle eine Zerlegung oder Aenderung der Schwingungsebene der vom Polarisator kommenden Strahlen eintreten kann. Hierdurch unterscheidet man isotrope Blättchen von basalen Blättchen einaxiger Krystalle, welche in convergentem Lichte Polarisationserscheinungen wahrnehmen lassen, die ihnen im parallelen Lichte fehlen. — Wir wollen uns hier darauf beschränken, die Phänomene, welche zwischen gekreuzten und parallelen Nicols im convergenten Lichte auftreten, abzuleiten und den allgemeinsten Fall, wobei die Nicolhauptschnitte irgendwie zu einander orientirt wären, als einen für die Praxis bedeutungslosen, nicht berücksichtigen.

Es sei Fig. 45 *A* der Querschnitt eines basalen Blättchens aus einem quadratischen oder hexagonalen Minerale, welches sich zwischen gekreuzten Nicols befindet und von stark convergenten Strahlen homogenen Lichtes durchlaufen wird; *cc*, sei die krystallographische Hauptaxe, also auch die optische Axe. Es werden alsdann alle Strahlen, welche vom Polarisator her senkrecht auf die Platte fallen, dieselbe also parallel der optischen Axe durchlaufen. keinerlei Veränderung erfahren. Sie gelangen in den Analysator und werden in diesem als ordentliche Strahlen an der Balsamschicht total reflectirt; die Mitte der Platte wird also dunkel erscheinen. Ein Strahl *fi* dagegen wird beim Eintritt in die Platte in zwei Strahlen *im* und *il* zerlegt, von denen der eine im Hauptschnitt *ficc*,, der andere senkrecht zu demselben schwingt. Ebenso wird der zu *fi* parallele Strahl *eh* in die Strahlen *hl* und *hk* zerlegt u. s. f. Es treten also ebenso wie bei *l* aus der Platte an jedem Punkte zwei Strahlen in paralleler Richtung aus, ein ordentlicher und ein ausserordentlicher. Je der eine von diesen Strahlen hat die Platte mit anderer Geschwindigkeit als der andere durchlaufen und überdies sind ihre Wege in der Platte *il* und *hl* verschieden lang. Dieselben befinden sich also bei *l* in verschiedener Schwingungsphase und besitzen senkrecht zu einander gerichtete Schwingungsebenen. In den Analysator gelangend zerfällt jeder solcher zwei Strahlen wieder in eine ordentliche und in eine ausserordentliche Componente. Die ordentlichen werden an der Balsamschicht total reflectirt, die ausserordentlichen gelangen mit dem Gangunterschiede zur Interferenz, welchen sie in der Platte angenommen haben, da sie ja nun auf dieselbe Schwingungsebene reducirt sind. Die Intensität des so entstehenden Interferenzstrahles wird annähernd durch die Formel auf S. 135 ausgedrückt sein:

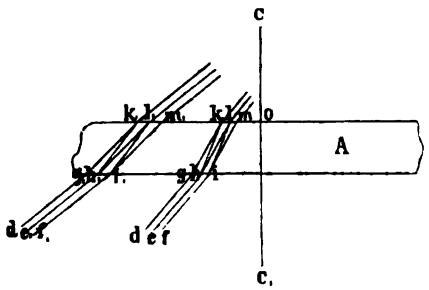


Fig. 45.

$$J^2 = \sin^2 2\varrho \sin^2 \pi \frac{(o - e)C}{\lambda}$$

Darin giebt, wie oben gezeigt wurde, $\frac{(o-e)C}{\lambda}$ den durch die Differenz der Elasticitätsaxen oder ihrer Inversen im Blättchen.

die Dicke desselben und die Wellenlänge bedingten Phasenunterschied an. Ist dieser Gangunterschied gegeben durch $(o - e)C = \lambda$, beträgt er also eine Wellenlänge, so wird $J = o$ und der Punkt l muss demnach zwischen gekreuzten Nicols dunkel erscheinen; während es zwischen l und dem Fusspunkte der Axe hell ist. Da nun offenbar unter Annahme allenthalben gleicher Dicke der Platte der Gangunterschied der gleiche sein muss für alle Strahlen, welche in demselben Abstande lo von der Axe der Platte und mit gleicher Neigung gegen diese austreten, so muss eine continuirliche Reihe dunkler Punkte in der Entfernung lo vom Fusspunkt der Axe, d. h. ein dunkler Kreis mit dem Radius lo erscheinen.

In etwas grösserer Entfernung als ol wird der Gangunterschied der Strahlen, welche mit grösserer Neigung gegen cc_1 austreten $> \lambda$ werden, weil die Differenz $\gamma - \alpha$ mit der Entfernung von cc_1 wächst und der Wegunterschied für die Strahlen in der Platte zunimmt; die Platte wird an solcher Stelle hell erscheinen und das Maximum der Helle wird in derjenigen Entfernung von c liegen, wo der Gangunterschied der Strahlen $^3/_2\lambda$ beträgt, denn dort ist

$$J^2 = \sin^2 2\varrho$$

Was für diesen Punkt gilt, muss natürlich für jeden von o äquidistanten Punkt gelten und auf den dunklen Kreis mit dem Radius ol muss ein heller Kreis mit einem Radius $> ol$ folgen.

Bei noch weiterer Entfernung von o wird der Gangunterschied $\frac{(o-e)C}{\lambda} > {}^3/_2 < 2$ sein, die Helligkeit nimmt ab und erreicht ein neues Minimum da wo $\frac{(o-e)C}{\lambda} = 2$ ist. Dieser Punkt sei l_1; dann wird also jeder mit l_1 äquidistante Punkt ebenfalls dunkel sein, es erscheint wieder ein dunkler Kreis mit dem Radius ol_1.

Schliesst man in gleicher Weise weiter, so erkennt man, dass eine basale Platte eines einaxigen Minerals zwischen gekreuzten Nicols im homogenen Licht ein dunkles Centrum und eine Reihenfolge von hellen und dunklen Ringen zeigen muss. Der Abstand der dunklen Ringe von einander hängt ab von λ, ist also ein anderer im rothen, gelben u. s. w. Lichte, von $o - e$, d. h. der Stärke der Doppelbrechung in der Platte oder dem Unterschiede ihrer Brechungsexponenten ω und ε, und der Dicke der Platte, mit welcher ja die Weglänge der Strahlen und ihr Gangunterschied wächst. Der Durchmesser der Ringe ist proportional der Wellenlänge und umgekehrt proportional der Dicke der Platte und der

Stärke der Doppelbrechung. Der Abstand der Ringe von einander nimmt ab mit der Entfernung vom Plattencentrum. Die Zahl der sichtbaren Ringe ist natürlich umgekehrt proportional ihrem Durchmesser.

Da für die dunklen Ringe einer solchen Platte $J = o$ ist, so ist die Dunkelheit an allen Stellen eines solchen Ringes eine absolute. Für die hellen Ringe dagegen ist

$$J^2 = \sin^2 2\varrho,$$

ihre Helle ist also nicht an allen Stellen die gleiche, sondern abhängig von ϱ, d. h. dem Winkel, welchen die Hauptschnitte der Platte mit den Nicolhauptschnitten machen. Nun ist nach früher gegebenen Definitionen in einem einaxigen Krystall der Hauptschnitt die durch Strahl und optische Axe gelegte Ebene; also für die bei m, n, r, m_1, n_1, r_1, austretenden Strahlen (Fig. 46) des hellen Ringes HR sind mc, nc, rc u. s. w. die Hauptschnitte und $\sphericalangle mcp$, ncp, rcp u. s. w. entsprechen dem Winkel ϱ der Formel. J^2 hat offenbar ein Maximum für $\varrho = 45^0$ und ein Minimum für $\varrho = 0$ und $\varrho^0 = 90^0$. Der helle Ring hat demnach das Maximum von Intensität bei n und n_1 und den entsprechenden Punkten der beiden andern Quadranten, wenn pp_1 und aa_1 die Hauptschnitte von Polarisator und Analysator und $ncp = 45^0 = n_1cp_1$ sind. Dagegen ist die Intensität des hellen Ringes $= 0$ bei a, a_1, p und p_1. Dasselbe Verhältniss hat in jedem der hellen Ringe statt und die Gesammtinterferenzfigur von alternirenden concentrischen hellen und dunklen Ringen ist demnach durchschnitten von einem dunklen Kreuz, dessen Arme parallel den Hauptschnitten von Polarisator und Analysator liegen (Fig. 47). Da rings um die optische Axe alle radialen Richtungen gleich sind, so ändert eine Drehung der Platte in ihrer Ebene nichts an dieser Erscheinung, das dunkle Kreuz und die Ringe bleiben bei jeder Lage der Platte an ihrem Orte.

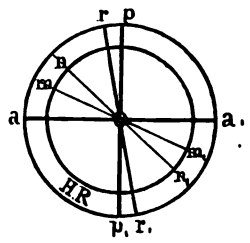


Fig. 46.

Fig. 47.

Fig. 48.

Zwischen parallelen Nicols kehrt sich nach S. 137 die Erscheinung um; wo bei gekreuzten Nicols Dunkel war, tritt nun

Hell auf und umgekehrt; man hat also ein helles Centrum und eine Reihenfolge von dunklen und hellen Ringen, die von einem hellen Kreuz durchschnitten werden und zwar liegt je ein heller Ring da, wo vorher ein dunkler war und umgekehrt (Fig. 48).

Wendet man statt des homogenen Lichtes weisses an, so wird an derselben Stelle, wo für rothes Licht ein dunkler Ring liegt, für gelbes, grünes u. s. w. ein heller Ring liegen; ebenso werden an allen andern Stellen, wo dunkle Ringe für irgend eine Farbe sich finden würden, helle Ringe für andere Farben vorhanden sein, da die Farbe von λ abhängt und der Werth $\frac{o-e}{\lambda}$ immer nur für eine Farbe ein Minimum sein kann. Man wird daher im weissen Lichte eine Reihenfolge von farbigen Ringen, isochromatischen Kreisen, bei gekreuzten Nicols sehen. Das dunkle Kreuz parallel den Nicolhauptschnitten, welches die Interferenzfigur bei homogenem Lichte durchschneidet, muss auch in weissem Lichte vorhanden sein, weil es bedingt ist durch den Factor $\sin^2 2\varrho$, der von der Wellenlänge unabhängig ist. — Bei Parallelstellung der Nicolhauptschnitte wird an die Stelle des dunklen Kreuzes ein weisses Kreuz treten und die Farben der isochromatischen Ringe werden die complementären sein zu denjenigen, welche zwischen gekreuzten Nicols auftraten.

Wenn die beobachtete Platte genau parallel der Basis geschnitten war, so fällt ihre optische Axe mit der Axe des Mikroskops zusammen, ihr Centrum liegt im Schnittpunkt des Fadenkreuzes, dessen Arme sich mit dem Kreuz der Interferenzfigur decken und bei einer Drehung des Mikroskoptisches ändert die Interferenzfigur ihren Ort nicht. War dagegen der Schnitt nicht parallel zur Basis, so steht die optische Axe des Blättchens schief zur Axe des Instruments und das Interferenzbild liegt excentrisch im Gesichtsfelde. Bei einer Drehung des Präparates beschreibt das Centrum der Interferenzfigur einen Kreis um den Schnittpunkt des Fadenkreuzes, dessen Radius proportional der Schiefe des Blättchens gegen seine optische Axe ist. Die Schiefe kann so gross werden, dass man bei jeder Lage des Blättchens nur einen kleinen peripherischen Theil der Interferenzfigur übersieht. Zur Unterscheidung solcher einaxiger Interferenzfiguren von denen zweiaxiger Körper kann der Umstand dienen, dass bei jeder Lage während einer vollen Drehung

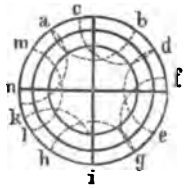


Fig. 49.

des Blättchens die Arme des Kreuzes sich selbst und den Fäden des Fadenkreuzes parallel bleiben. Man wird z. B. bei einer Drehung im Sinne eines Uhrzeigers nach einander die von den gestrichelten Bögen *ab*, *cd*, *de*, *fg*, *gh*, *ik*, *lm*, *na* begrenzten Theile der Interferenzfigur Fig. 49 wahrnehmen.

Einaxige Blättchen parallel der Axe im convergenten polarisirten Lichte beobachtet geben gleichfalls bei homogenem Lichte abwechselnde dunkle und helle, im weissen Lichte farbige Curven von hyperbolischer Form, deren Deutlichkeit mit der Dünne des Blättchens zunimmt. Dieselben haben kein bedeutendes praktisches Interesse für die Mineraldiagnose und man muss sich nur hüten, sie mit isochromatischen Curven zweiaxiger Krystalle zu verwechseln, was bei flüchtiger Betrachtung leicht geschehen kann.

Blättchen aus zweiaxigen Krystallen senkrecht zu einer Axe im convergenten polarisirten Lichte. Da in allen zweiaxigen Krystallen die optischen Axen für verschiedene Farben eine andere Lage haben (dispergirt sind), so kann streng genommen ein Mineralblättchen nur für eine bestimmte Wellenlänge zu einer optischen Axe normal sein. Immerhin ist die Dispersion der optischen Axen in den meisten Fällen so geringfügig, dass sie zunächst vernachlässigt werden darf. Es werde ferner angenommen, dass der Winkel der optischen Axen gross sei (60°—90°), weil andernfalls die Erscheinung in Blättchen senkrecht zu einer Axe identisch sind mit denen in Blättchen, welche nicht allzuschief gegen eine Bissectrix geschnitten wurden. Das angewandte Licht sei homogen, die Nicols gekreuzt. In Fig. 50 sei *u* der Austrittspunkt

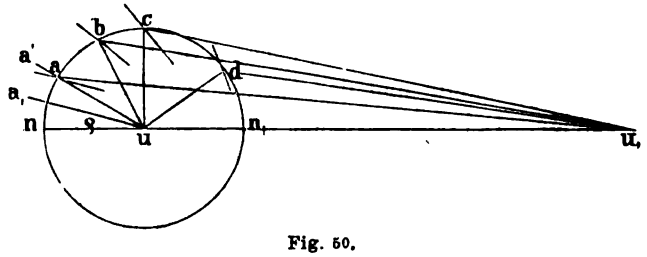


Fig. 50.

der optischen Axe, zu welcher das Blättchen senkrecht geschnitten wurde, u_1 der Austrittspunkt der zweiten Axe, $n n_1$ die Projection des Hauptschnittes des polarisirenden Nicols, dazu senkrecht also der Hauptschnitt des Analysators. Diejenigen Strahlen, welche vom Polarisator kommend parallel der optischen Axe das Blättchen

durchlaufen, ändern ihre Schwingungsebene nicht und werden demnach im Analysator ohne Zerlegung total reflectirt: das Blättchen ist bei u dunkel. Ebenso werden alle Strahlen, welche vom Polarisator kommend auf der Linie nu_1 austreten, keine Zerlegung im Blättchen erfahren, weil ihr Hauptschnitt nun_1u_1 parallel ihrer Schwingungsebene. für sie also $\sin 2\varrho = 0$ ist; es muss in der Interferenzfigur ein dunkler Balken auftreten, welcher der Projection der Ebene der optischen Axen im Blättchen auf dieses parallel ist. Strahlen, welche vom Polarisator kommend, an irgend einem andern Punkt der Platte austreten, müssen zerlegt werden je in einen ordentlichen senkrecht und einen ausserordentlichen parallel zum Hauptschnitt schwingenden, und zwar werden aus denselben Gründen, wie sie bei einaxigen zur Axe senkrechten Blättchen angeführt wurden, an jedem Punkte der Platte zwei Strahlen mit paralleler Fortpflanzungsrichtung und senkrechten Schwingungsebenen austreten. Für die bei a austretenden Strahlen findet man den Hauptschnitt, wenn man a mit u und u_1 verbindet und den Winkel uau_1 halbirt; der ausserordentliche bei a austretende Strahl schwingt parallel der Halbirungslinie des Winkel uau_1, der ordentliche senkrecht zu derselben. Macht man a_1u parallel der Halbirungslinie des Winkels uau_1, so ist der Winkel $uua_1 = \varrho$. Die beiden bei a austretenden Strahlen werden im Analysator je in eine ordentliche und eine ausserordentliche Componente zerlegt, die ordentlichen Componenten werden total reflectirt an der Balsamschichte und die ausserordentlichen Componenten werden einen Interferenzstrahl liefern von der Intensität

$$J^2 = \sin^2 2\varrho \sin^2 \pi \frac{(o-e)C}{\lambda}$$

Es sei $\frac{(o-e)C}{\lambda}$ eine ganze Zahl, d. h. der eine Strahl sei dem andern im Blättchen um eine Anzahl ganzer Wellenlängen vorausgeeilt: alsdann ist $J^2 = o$ und das Blättchen ist bei a dunkel. Alle die Punkte, für welche der Gangunterschied der beiden austretenden Strahlen dieselbe Anzahl ganzer Wellenlängen beträgt, wie bei a, verbinden sich mit dem Punkt a zu einer dunklen Curve. Da nun aber in zweiaxigen Krystallen für Richtungen gleicher Schiefe gegen die optische Axe nicht gleiche Elasticitätsdifferenzen vorhanden sind, wie bei den einaxigen, sondern verschiedene und zwar derart verschiedene, dass die Differenz von 90° zu 90° ein Maximum und ein Minimum erreicht, so kann diese dunkle Curve

kein Kreis sein, sondern sie muss eine Ellipse werden. Die Excentricität dieser Ellipse ist allerdings eine sehr geringe, da auch die drei Elasticitätsaxen nur wenig von einander verschieden sind. - Denkt man sich nun einen Punkt a', der in der Richtung ua etwas weiter von u abliegt, als a, so werden die beiden dort austretenden Strahlen einen Gangunterschied haben $\frac{(o-e)C}{\lambda} = \frac{2n+1}{2}$. Alsdann erscheint der Punkt a' hell und es muss wieder eine unendliche Anzahl von Punkten vorhanden sein, für welche $\frac{o-e}{\lambda}$ denselben Werth hat und die sich also mit a' zu einer hellen schwach elliptischen Curve vereinen, welche mit der dunklen Curve um a concentrisch ist. Schliesst man in derselben Weise weiter, so findet man, dass Blättchen, welche senkrecht zu einer optischen Axe aus einem rhombischen, monoklinen oder triklinen Krystall geschnitten wurden und zwischen gekreuzten Nicols in convergent polarisirtem homogenem Licht betrachtet werden, eine von der Differenz o — e, der Dicke der Platte und der Wellenlänge des angewandten Lichtes abhängige Anzahl concentrischer, nahezu kreisförmiger heller und dunkler Curven zeigen müssen, welche von einem dunklen Balken durchschnitten werden, der der Projection der optischen Axenebene des Blättchens parallel ist. Fig. 51 giebt ein Bild dieser Interferenzfigur.

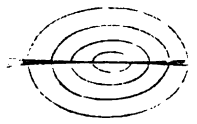


Fig. 51.

Wendet man statt des homogenen Lichtes weisses Licht an, so wird der dunkle Balken, dessen Entstehung unabhängig ist von dem mit λ behafteten Theil der Formel für den Interferenzstrahl, unverändert bleiben, während aus den bei Ableitung der Interferenzfiguren einaxiger Krystalle angegebenen Gründen an die Stelle der dunklen und hellen nunmehr isochromatische Curven treten müssen.

Dass nur ein dunkler Balken und nicht ein dunkles Kreuz, wie bei den einaxigen Interferenzcurven, erscheint, folgt daraus, dass, wie Fig. 50 für die bei b, c, d austretenden Strahlen zeigt, für keine andern, als die auf der Linie nn_1 austretenden Strahlen die Hauptschnitte parallel oder senkrecht zum Analysator liegen.

Dreht man ein senkrecht zu einer Axe geschnittenes zweiaxiges Blättchen zwischen gekreuzten Nicols aus der vorher betrachteten Lage heraus, so krümmt sich der dunkle Balken zu

einem schwach gebogenen Hyperbelarm, dessen Convexität der zweiten Axe zugewandt ist und streckt sich wieder zu einem geraden Balken, sobald die Ebene der optischen Axen parallel dem Hauptschnitt des Analysators liegt; der dunkle Balken hat dann eine zu seiner ersten Lage senkrechte Stellung. Bei weiterer Drehung nimmt er wieder die hyperbolische Krümmung an und liegt nach einer Drehung von 180° wieder in der ersten Stellung. — War das Blättchen nicht genau senkrecht zur Axe geschnitten, so liegt das Centrum der Interferenzfigur excentrisch im Gesichtsfelde und beschreibt bei Drehung des Blättchens in seiner Ebene einen Kreis um den Schnittpunkt des Fadenkreuzes. Der gerade dunkle Balken schneidet das Gesichtsfeld stets dann, wenn die Axenebene parallel oder senkrecht zum Hauptschnitt des Polarisators steht; in allen andern Stellungen zeigt er deutlich die Form einer Hyperbel, deren Pol mit dem Austrittspunkt der im Gesichtsfelde befindlichen optischen Axe zusammenfällt und deren Convexität dem andern Axenpol zugewandt ist.

Senkrecht zur spitzen Bissectrix geschnittene Blättchen zweiaxiger Mineralien im convergenten polarisirten Lichte zeigen, wenn der Winkel der optischen Axen nicht zu gross ist, im homogenen Lichte bei gekreuzten Nicols helle und dunkle Curven, welche sich leicht aus dem ableiten, was über die Entstehung solcher Curven gesagt wurde, die unter gleichen Verhältnissen in Blättchen entstehen, welche senkrecht zu einer Axe geschnitten wurden. Liegt die Ebene der optischen Axen im Blättchen parallel dem Hauptschnitt von Polarisator oder Analysator, so sind die Austrittspunkte der beiden Axen, in gleicher Entfernung vom Centrum des Gesichtsfeldes liegend, dunkel und jeder Axenpunkt (Fig. 52) wird von geschlossenen hellen und dunklen Curven umgeben, welche theils jede einzelne Axe allein, theils beide Axen gemeinschaftlich umfassen und zur Gruppe der Lemniscaten gehören. Die innersten Axenringe haben ovale Form, darauf folgt eine Curve, welche die Gestalt einer liegenden 8 hat und deren Schnittpunkt im Centrum der Interferenzfigur liegt, endlich gestreckt elliptische Curven mit einer Einschnürung senkrecht zur Ebene der optischen Axen. Bei sehr schwacher Doppelbrechung, beziehungsweise bei sehr geringer Dicke des Blättchens, also bei kleinem Werthe von

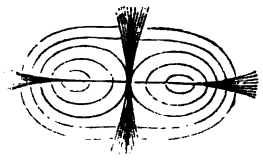


Fig. 52.

$\frac{(o-e)C}{\lambda}$ und dadurch bedingtem grossen Abstande der Punkte, auf welchen $\frac{(o-e)C}{\lambda} = 1$ ist, von den Axenpunkten fehlen der Interferenzfigur die inneren gesonderten Curventheile und schon die erste dunkle Lemniscate umschliesst beide Axen gemeinschaftlich. Die dunklen Lemniscaten verbinden natürlich wiederum alle Punkte, für welche $\frac{(o-e)C}{\lambda}$ gleich derselben ganzen Zahl ist: hell erscheinen alle diejenigen Theile des Blättchens, an denen Strahlen mit anderem Gangunterschiede als ganzen Wellenlängen austreten. Die Interferenzfigur ist in der angegebenen Stellung von einem schmalen scharfen dunklen Balken durchschnitten, welcher die Axenaustrittspunkte verbindet, und einem breiteren, nach aussen stark verwaschenen dunklen Streifen, welcher senkrecht zu dieser Richtung steht. Beide dunkle Balken entstehen dadurch, dass die vom Polarisator kommenden Strahlen eine Zerlegung im Blättchen hier nicht erfahren, da ihre Schwingungsebene parallel, beziehungsweise senkrecht zum Hauptschnitt des Blättchens steht. Dieselben treten als ordentliche Strahlen in den Analysator und werden an der Balsamschicht total reflectirt.

Beobachtet man in weissem Licht, so erhält man auch hier statt der hellen und dunklen Lemniscaten verschiedenfarbige, isochromatische: die dunklen Balken bleiben unverändert, da ihre Entstehung nicht von der Wellenlänge, sondern nur von dem Winkel ϱ in der Formel für die Intensität der Interferenzstrahlen abhängt.

Dreht man das Blättchen zwischen gekreuzten Nicols aus derjenigen Stellung, in welcher die optische Axenebene dem Hauptschnitt des Polarisators oder Analysators parallel ist (Parallelstellung) heraus, so bleiben die isochromatischen Curven um jede Axe, beziehungsweise um beide Axen unverändert, sie drehen sich nur mit den Axen selbst im Gesichtsfelde. Dagegen öffnet sich das dunkle Kreuz zu gleichseitigen Hyperbelästen, deren Pole je in einem Axenaustrittspunkt liegen und nach einer Drehung von 45° (Diagonalstellung) hat die Interferenzfigur das Ansehen, wie Fig. 53 zeigt. — Die dunklen Hyperbeln der Diagonalstellung liegen natürlich, ebenso wie die dunklen Balken bei Parallelstellung, dort, wo die

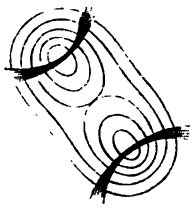


Fig. 53.

Hauptschnitte der das Blättchen durchlaufenden Strahlen oder eine dazu senkrechte Richtung dem Hauptschnitt des Polarisators parallel liegen, wo demnach die vom Polarisator kommenden Strahlen keine Zerlegung erfahren, sondern unverändert den Analysator erreichen. Dass die Punkte, für welche dieses eintritt, auf Hyperbeln liegen, ergiebt sich aus folgender Betrachtung. Es sei Fig. 54 die Ebene der Zeichnung die Ebene des Blättchens. PP_1 und AA_1 die Hauptschnitte des Polarisators und Analysators, U und U_1 die Austrittspunkte der optischen Axen, m ein Punkt des Blättchens, für welchen der Hauptschnitt der das Blättchen durchlaufenden Strahlen parallel zum Hauptschnitt des Polarisators liegt, also den Winkel halbirt, welcher durch die Verbindungslinie des Punktes m mit den optischen Axen U und U_1 gebildet wird. Diese Verbindungslinien schneiden PP_1 in den Punkten f und g. Dann ist fmg ein gleichschenkliges Dreieck, $\sphericalangle mgP_1 + \sphericalangle mfP_1 = 180°$. Bezeichnet man die Coordinaten des Punktes m mit x und y, diejenigen des Austrittspunktes einer optischen Axe mit a und b, bezogen auf die Hauptschnitte vom Polarisator und Analysator und von C aus gerechnet, so hat man aus den durch die gestrichelten Hülfslinien sich ergebenden Dreiecken mrU und msU_1

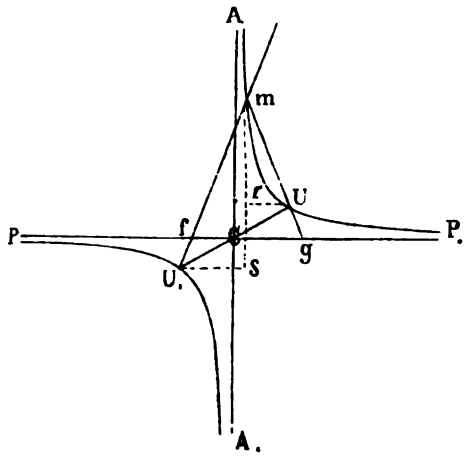


Fig. 54.

$$\operatorname{tg} mgP_1 = -\frac{y-b}{a-x} \quad , \quad \operatorname{tg} mfP_1 = \frac{y+b}{x+a}$$

und da $\operatorname{tg} mgP_1 = -\operatorname{tg} mfP_1$

$$\frac{y-b}{a-x} = \frac{y+b}{x+a}$$

$$xy = ab.$$

Die Orte der Punkte m, für welche der Hauptschnitt der das Blättchen durchlaufenden Strahlen parallel oder senkrecht zum Hauptschnitt des Polarisators liegt, für welche demnach eine Zerlegung nicht eintritt und die desshalb zwischen gekreuzten Nicols

dunkel erscheinen müssen, liegen also auf einer Hyperbel, deren Asymptoten die Hauptschnitte der Nicols sind. — Stellt man die Hauptschnitte der Nicols parallel, so treten statt der beschriebenen die complementären Erscheinungen auf, wie dieses bei den Blättchen einaxiger Substanzen senkrecht zur Axe abgeleitet wurde. Die Entfernung der dunklen Axenpunkte in der Parallelstellung zwischen gekreuzten Nicols, oder die Entfernung der Hyperbelpole in der Diagonalstellung ist natürlich ein Maass für die Grösse des Winkels der beiden optischen Axen und somit unabhängig von der Dicke des Blättchens.

Dispersion der Axen. Die Interferenzfiguren zweiaxiger Blättchen senkrecht zur spitzen Bissectrix dienen dazu, die Dispersionen der optischen Constanten zu erkennen, welche für jedes der Krystallsysteme ohne Hauptaxe andere sind und also einen Schluss auf das Krystallsystem des beobachteten Blättchens gestatten. Man merke sich als Regel, dass der Grad von Symmetrie eines Interferenzbildes derselbe ist, wie derjenige der Krystallfläche, auf welcher es liegt, und dass dieselben Ebenen Symmetrie-Ebenen für die Krystallfläche und das Interferenzbild sind.

Im rhombischen System können die Bissectricen keine Dispersion erfahren, wohl aber die optischen Axen mit der Beschränkung, dass die Dispersion derselben, $\varrho > v$ oder $\varrho < v$, eine symmetrische sein muss mit Beziehung auf die Bissectricen. Wenn man demzufolge eine senkrecht zur Bissectrix geschnittene Platte eines rhombischen Minerals nach einander zwischen gekreuzten Nicols im rothen und im blauen Lichte betrachtet, so werden die dunklen Austrittspunkte der Axen und damit auch die dunklen Ringe im einen und im andern Falle nicht coincidiren, sondern je nachdem der Winkel der rothen oder blauen Axen grösser ist, eine verschiedene Lage haben. In Fig. 55 ist angenommen, dass der Winkel der rothen Axe der kleinere sei; demnach lägen je bei ϱ die dunklen Axenpunkte und die Pole der Hyperbeln bei Diagonalstellung und ϱ_1 wäre der erste dunkle Ring im rothen Lichte; im blauen Lichte lägen die Pole der dunkeln Hyperbeln bei v und die

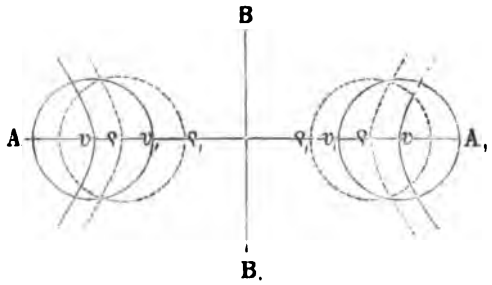


Fig. 55.

ersten dunklen Ringe bei v_1. Zwischen ϱ_1 und v_1 lägen die ersten dunklen Ringe und zwischen ϱ und v die dunklen Hyperbeln für orange, gelb und grün. Im weissen Lichte würde nun am ersten Ringe bei ϱ_1 eine Combinationsfarbe auftreten, in welcher Roth ausgelöscht wäre, bei v_1 eine solche, in welcher Blau fehlte; dieser erste farbige Ring würde also an der dem Mittelpunkt nächst gelegenen Stelle innen, d. h. dem Hyperbelpol zugewendet, roth, aussen blau erscheinen. Nun sind in den Ringen nach aussen, weil hier viele helle Ringe übereinfallen, die Farben verwaschen, innen dagegen präcis. Das innen liegende Roth fällt daher sehr deutlich auf, während das aussen liegende Blau weniger gut wahrnehmbar ist. An dem vom Centrum der Interferenzfigur abgewendeten Theile des ersten Ringes liegt natürlich umgekehrt blau innen, roth aussen. Das erstere ist deutlich, das letztere verwaschen. Analoges vollzieht sich an den übrigen Ringen, doch bedient man sich, weil hier die Erscheinung am deutlichsten ist, nur des innersten Ringes zur Beobachtung.

An den dunklen Hyperbeln, welche Fig. 55 zwischen v und ϱ auftreten, ist auf der convexen Seite das Roth ausgelöscht und diese muss also blau umsäumt erscheinen; umgekehrt ist auf der concaven Seite blau ausgelöscht und hier muss also eine rothe Umsäumung sichtbar werden. Daraus ergiebt sich die Regel, dass der Axenwinkel für diejenige Farbe der kleinste ist, welche an dem dem Mittelpunkt der Figur zugewandten Theile des ersten Ringes innen erscheint und in der Diagonalstellung die concave Seite der Hyperbel säumt. Umgekehrt erscheint die Farbe auf der convexen Seite der Hyperbel und an dem vom Centrum der Figur am weitesten entfernten Theile des innersten Ringes, für welche der Axenwinkel der grösste ist.

Fig. 56 und 57 zeigen rhombische Interferenzfiguren mit der Dispersion $\varrho < v$ (die rothe Farbe ist durch Punktirung, die blaue durch Strichelung angedeutet) in Parallel- und Diagonalstellung und lassen ebenso wie Fig. 55 erkennen, dass dieselben symmetrisch sind mit Beziehung auf die Axenebene AA_1 und eine darauf normale BB_1. Die Interferenzfigur liegt auf einem Pinakoid des rhombischen Systems und ist also disymmetrisch wie dieses.

Im monoklinen System ist die relative Grösse der Axenwinkel an denselben Erscheinungen zu erkennen, wie in rhombischen Interferenzfiguren. Doch treten hier noch eigenartige Farbenvertheilungen auf, welche durch die Dispersion der in der Symmetrie-

Ebene liegenden Elasticitätsaxen bedingt werden, und welche sich zur Dispersion der optischen Axen addirt. Ist die Orthodiagonale Axe mittlerer Elasticität und liegt also die Ebene der optischen Axen in der Symmetrie-Ebene, so sind beide Bissectricen für die verschiedenen Farben dispergirt und man kann also eigentlich nicht

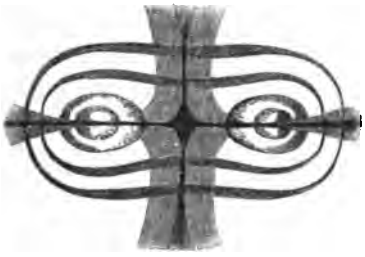


Fig. 56.

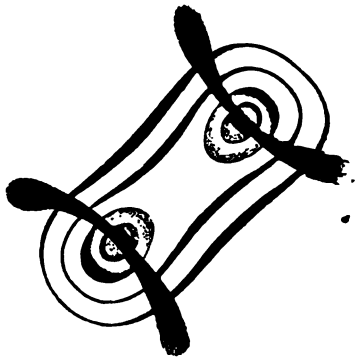


Fig. 57.

von einem Schnitt senkrecht zur spitzen Bissectrix, sondern nur von einem solchen senkrecht zu einer der spitzen Bissectricen sprechen. Bei dieser Dispersion, der geneigten, würden im rothen Lichte die dunklen Axenpunkte bei gekreuzten Nicols (Fig. 58) in gleichen Entfernungen vom Austrittspunkt der Bissectrix B_ϱ bei ϱ, die ersten dunklen Lemniscaten an Stelle der kleinen Kreise um ϱ erscheinen. Für den Fall $\varrho < v$ lägen in blauem Lichte die dunklen Axenpunkte in gleicher Entfernung von B_v bei v und die ersten dunklen Ringe an Stelle der grösseren Kreise um v. Die Axenbilder sind also gegen einander verschoben und bei Anwendung von weissem Lichte muss die Vertheilung der Farben in den inneren Ringen und an den Hyperbelsäumen wohl noch symmetrisch zur Ebene der Bissectricen, aber nicht mehr zu einer darauf senkrechten sein. Wenn die Dispersion der Bissectricen nicht gross ist, so liegen die Farben mit Beziehung auf den zur Axenebene senkrechten dunklen Balken der Reihenfolge nach symmetrisch, haben aber beiderseits verschiedene Intensität und die inneren Ringe sind einerseits mehr, andererseits weniger elliptisch, wie nach dem vom Gyps entlehnten Schema in Fig. 58 die in Fig. 61 und 62 entworfenen Bilder zeigen. Bei stärkerer geneigter Dis-

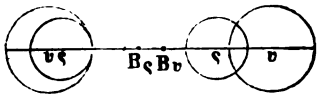


Fig. 58.

persion, wie der Diopsid sie besitzt, sind die inneren Ringe an analogen Stellen und die Hyperbeln auf der gleichen Seite verschieden gefärbt, also roth innen, blau aussen einerseits, blau innen,

Fig. 59.

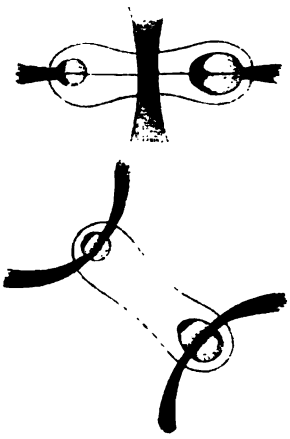


Fig. 61.

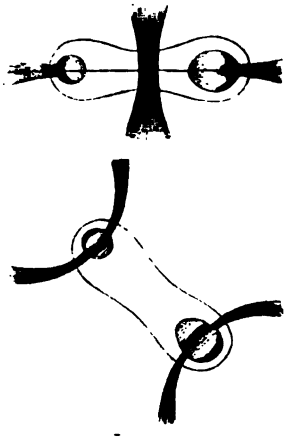


Fig. 60.

Fig. 62.

roth aussen andererseits, wie die Figuren 59 und 60 zeigen. In andern Fällen combiniren sich diese beiden Erscheinungsformen, deren Ableitung sich nach dem früher Gesagten von selbst ergiebt. — Die Ebene, welche alle diese Interferenzbilder symmetrisch theilt, ist natürlich die Symmetrie-Ebene.

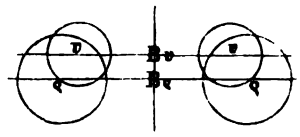


Fig. 63.

Bei horizontaler Dispersion, wenn also *b* die stumpfe Bissectrix bei normal symmetrischer Axenlage ist, würden die Axenbilder bei gekreuzten Nicols für rothe und

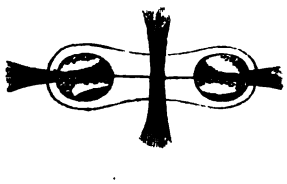


Fig. 64.

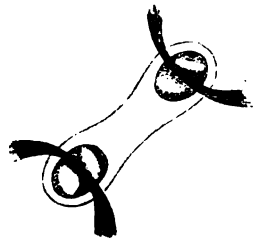


Fig. 65.

blaue Farbe die in Fig. 63 angedeutete Lage zu einander haben und wieder wäre kein zu allen spitzen Bissectricen gleichzeitig

senkrechter Schnitt möglich. Die stumpfe Bissectrix ist dieselbe für alle Farben, weil sie mit der Symmetrieaxe zusammenfällt, die spitzen Bissectricen und die Axen mittlerer Elasticität sind dispergirt. In weissem Lichte muss die Ueberdeckung der Axenbilder für die verschiedenen Wellenlängen eine Farbenvertheilung hervorbringen, wie sie für die Dispersion $\varrho > v$ Fig. 64 in der Parallelstellung, Fig. 65 in der Diagonalstellung zeigt. Die Farbenvertheilung ist nun symmetrisch mit Beziehung auf eine zu allen Axenebenen der verschiedenen Farben normale Ebene, die wieder der krystallographischen Symmetrie-Ebene entspricht.

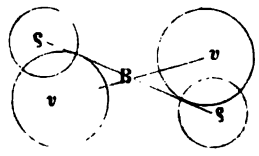


Fig. 66.

Ist endlich die Symmetrie-Axe *b* spitze Bissectrix, hat man also gekreuzte Dispersion, so würden die Axenebenen für rothes und blaues Licht eine Verschiebung zu einander zeigen, wie sie Fig. 66 darstellt; die spitze Bissectrix ist dann für alle Farben dieselbe, die stumpfe Bissectrix und die Axe mittlerer Elasticität sind dispergirt. Im weissen Lichte würden die sich theilweise deckenden Axenbilder einer Farbenvertheilung für $\varrho > v$ bewirken, wie sie Fig. 67 in der Parallel-, Fig. 68 in der Diagonalstellung zeigen.

Fig. 67.

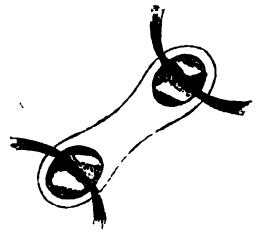


Fig. 68.

Es ist keine Ebene mehr vorhanden, mit Beziehung auf welche die Interferenzfigur symmetrisch wäre; sie liegt ja in der Symmetrie-Ebene. Doch ist die Farben-Vertheilung symmetrisch mit Beziehung auf den Austrittspunkt der spitzen Bissectrix, da diese die krystallographische Symmetrie-Axe ist. Verbindet man irgend einen Punkt der Interferenzfigur mit ihrem Centrum und verlängert die Verbindungslinie um sich selbst über das Centrum hinaus, so haben die Endpunkte dieser Linie gleiche Farbe.

Bei den triklinen Krystallen sind alle Elasticitätsaxen in beliebigen Ebenen dispergirt, die Dispersionen, welche die Interferenzbilder im convergenten Lichte zeigen, sind demnach für verschiedene Farben verschiedene. Die Vertheilung der Farben

in den Axenbildern ist in Folge davon eine durchaus unsymmetrische.

Bestimmung des optischen Charakters doppelbrechender Blättchen im convergenten Licht. Die gebräuchlichsten Methoden der Bestimmung des optischen Charakters doppelbrechender Mineralien im convergenten Licht beruhen darauf, dass die isochromatischen Curven der Interferenzbilder, welche alle Punkte einer Platte verbinden, in denen die austretenden Strahlen gleiche Verzögerung erlitten, eine Veränderung erfahren müssen, wenn man den Gangunterschied der Strahlen vergrössert oder verkleinert. Bei den **einaxigen Krystallen** bewirkt man dieses am bequemsten durch die Einschaltung eines sogenannten $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchens. Der Glimmer (Muscovit), bei welchem die Ebene der optischen Axen sehr nahezu senkrecht auf der Spaltfläche steht, lässt sich leicht in solche dünne Blättchen spalten, dass die durch

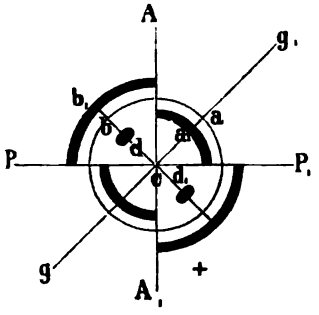


Fig. 69.

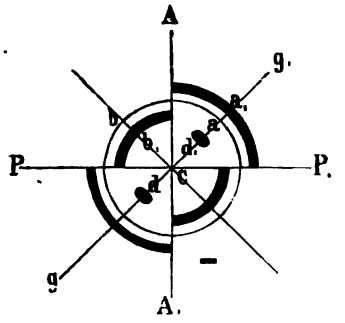


Fig. 70.

Doppelbrechung eines senkrecht auffallenden Lichtstrahls entstehenden zwei Strahlen einen Gangunterschied von $^1/_4$ Wellenlänge erhalten. Da der Glimmer optisch negativ ist, so liegen in dem Spaltblättchen die Axen kleinster und mittlerer Elasticität; erstere fällt zusammen mit der Verbindungslinie der Austrittspunkte der optischen Axen; letztere steht darauf senkrecht. Man merkt sich auf einem solchen Blättchen oder seiner Fassung die Richtung der optischen Axenebene, also der Axe c. Beobachtet man nun die Interferenzfigur eines einaxigen Krystalls, nachdem man das Glimmerblättchen so zwischen die untersuchte Platte und den Analysator eingeschaltet hat, dass seine Axenebene 45° gegen die Hauptschnitte der gekreuzten Nicols geneigt ist, so ist das dunkle Kreuz bis auf zwei dunkle Punkte, d und d_1 in Fig. 69 und 70, ver-

schwunden und die isochromatischen Curven sind in zwei gegenüberliegenden Quadranten verengert, in den andern beiden Quadranten erweitert. Der untersuchte Krystall ist optisch positiv (Fig. 69), wenn die Verbindungslinie der dunklen Punkte senkrecht auf der Axenebene des $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchens steht (mit dieser also das Zeichen + bildet), der Krystall ist dagegen negativ (Fig. 70), wenn die Verbindungslinie der dunklen Punkte d und d_1 der Axenebene des Glimmers parallel geht (—). Man schiebt das $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchen unmittelbar unter dem Analysator ein, oder in den Schlitz tt am untern Ende des Tubus (Fig. 28 u. 33). Steht dieser Schlitz parallel dem Nicolhauptschnitte, so muss das Glimmerblättchen natürlich so geschnitten werden, dass seine lange Kante 45° mit der optischen Axenebene bildet.

Die Erklärung ergiebt sich aus folgender Betrachtung: Es seien Fig. 69 PP_1 und AA_1 die Hauptschnitte von Polarisator und Analysator, gg_1 die Axenebene des $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchens und im homogenen Lichte aba der erste dunkle Ring, also der Ort aller Punkte der Platte, für welche $\frac{(o-e)C}{\lambda} = 1$. Die Platte ist nach der Annahme optisch positiv, d. h. $c = c$. Von den an dem Punkt a des ersten dunklen Ringes austretenden Strahlen schwingt der ausserordentliche im Hauptschnitt ac und wird gegen den senkrecht zum Hauptschnitt schwingenden Strahl um eine Wellenlänge verzögert. Beide Strahlen treten unzerlegt ins Glimmerblättchen und der ausserordentliche Strahl wird, da er parallel dessen Axe kleinster Elasticität schwingt, wieder um $^1/_4\,\lambda$ gegen den ordentlichen Strahl verzögert. Der Gangunterschied der beiden Strahlen beim Eintritt in den Analysator ist also nun $^5/_4\,\lambda$, der Punkt a kann nicht mehr dunkel sein, sondern der dunkle Ring wird sich verschieben. Der bei a_1 austretende ausserordentliche Strahl ist ohne das Glimmerblättchen gegen den ordentlichen um weniger als λ, etwa um $^3/_4\,\lambda$ verzögert. Zu dieser Verzögerung addirt sich im Glimmerblättchen eine fernere Verzögerung von $^1/_4\,\lambda$ hinzu, der Gangunterschied der Strahlen ist also nun $= \lambda$ und bei a_1 muss ein dunkler Ring liegen. Dasselbe findet statt in dem gegenüberliegenden Octanten PcA_1. — Für die in dem Punkt b des ersten dunklen Ringes austretenden Strahlen ist bc der Hauptschnitt. Auch hier ist der ausserordentliche gegen den ordentlichen um eine Wellenlänge verzögert. Beim Eintritt in das Viertelundulationsglimmerblättchen schwingt aber nun der ausserordent-

liche Strahl parallel der Axe der grösseren, der ordentliche parallel der Axe der kleinsten Elasticität. Es wird also der ausserordentliche gegen den ordentlichen beschleunigt und zwar um $^1/_4$ Wellenlänge. Die Gesammtverzögerung des ausserordentlichen Strahls gegen den ordentlichen beim Eintritt in den Analysator ist also nun nur noch $^3/_4\,\lambda$ und b kann nicht mehr auf einer dunklen Curve liegen. Bei b_1 ist ohne das Glimmerblättchen der ausserordentliche Strahl um mehr als eine Wellenlänge, etwa um $^5/_4\,\lambda$, verzögert. In dem Glimmerblättchen wird dagegen wieder der ausserordentliche, weil parallel der Axe grösserer Elasticität schwingend, gegenüber dem ordentlichen beschleunigt werden und zwar um $^1/_4\,\lambda$. Beim Eintritt in den Analysator ist also nun der Gangunterschied der beiden bei b_1 austretenden Strahlen $^5/_4\,\lambda - {}^1/_4\,\lambda = \lambda$ und b_1 liegt auf der ersten dunklen Curve. Der erste dunkle Ring aba theilt sich also nach Einschiebung des $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchens in 4 Bogen von 90°. In denjenigen Quadranten, durch welche die Axenebene gg_1 des Glimmerblättchens geht, ist eine Contraction, in den andern zwei Quadranten eine Dilatation eingetreten. Dieselbe Veränderung erleiden der 2., 3. u. s. w. Ring.

In derselben Weise leitet man die umgekehrte Erscheinung der Fig. 70 bei negativem Charakter des untersuchten einaxigen Blättchens ab.

Die dunklen Flecke entstehen dort, wo der Gangunterschied der die Platte durchlaufenden Strahlen $^1/_4\,\lambda$ beträgt und von dem Glimmerblättchen aufgehoben, also auf $0\,\lambda$ zurückgeführt wird.

Bei sehr dünnen Platten mit geringer Doppelbrechung fallen die Ringe des Axenbildes ausserhalb des Gesichtsfeldes, ihre Dilatation oder Contraction ist also nicht wahrnehmbar. Ebenso werden dann oft die nach Einschiebung des $^1/_4$ Undulationsglimmerblattes entstehenden dunklen Flecke ausserhalb des Gesichtsfeldes liegen und somit die Bestimmung des optischen Charakters der Platte auf diese Weise unausführbar. — In solchen Fällen bedient man sich mit Vortheil eines Gypsblättchens mit Roth I. Ordnung an Stelle des $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchens. Dasselbe sei gegen die Interferenzfigur zwischen gekreuzten Nicols orientirt, wie die Fig. 71 angiebt; in der Richtung des Pfeiles liege seine Axe der grössten Elasticität. Von den beiden in dem Punkte r der Platte austreten-

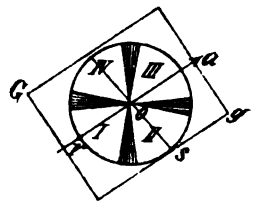


Fig. 71.

den Strahlen wird, wenn die untersuchte Platte optisch negativ ist. der im Hauptschnitt *r o* schwingende ausserordentliche Strahl gegenüber dem dazu senkrecht schwingenden ordentlichen beschleunigt. Da nun auch im Gypsblättchen der ausserordentliche Strahl nach der grössten, der ordentliche nach der kleinsten Elasticität schwingt. so wird die Phasendifferenz derselben vergrössert und das Roth des Gyps geht in Blau über. Dasselbe ist für jeden Punkt der Quadranten I und III der Fall. Diese färben sich also blau. Umgekehrt wird der in *s* austretende ausserordentliche Strahl innerhalb des Gypses als nach der kleinsten Elasticität schwingend, verzögert. der dazu senkrecht schwingende beschleunigt. Ihr Gangunterschied wird also durch das Gypsblättchen verringert und die Farbe sinkt im Gyps von Roth auf Gelb. Dasselbe gilt wieder für jeden Punkt der Quadranten II und IV. Diese werden also gelb. — Wäre die Platte optisch positiv, so würden nach Einschaltung des Gypsblättchens in derselben Lage die Quadranten I und III gelb, II und IV blau werden. Das dunkle Kreuz ist zu einem rothen geworden*.

Auch in Platten aus zweiaxigen Krystallen, welche senkrecht zu der Bissectrix geschnitten sind, kann man vermittelst eines solchen $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchens das Zeichen der Doppelbrechung bestimmen. Man bringt die zu untersuchende Platte zwischen gekreuzten Nicols in die Parallelstellung und schiebt das Glimmerblättchen so ein, dass seine Axenebene den Winkel der Hauptschnitte von Polarisator und Analysator halbirt. Ist die untersuchte Platte optisch positiv, also ihre Bissectrix Axe der kleinsten Elasticität, so sind die Axenringe verengert in den Quadranten, durch welche die Axenebene des $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchens geht, erweitert in den beiden andern. Bei negativem Charakter der untersuchten Platte tritt Dilatation der Axenringe in den Quadranten ein, durch welche die Axenebene des Glimmers geht, Contraction in den beiden andern.

Das Phänomen der Dilatation und Contraction der Axenringe ist bei der Untersuchung zweiaxiger Blättchen mit dem $^1/_4$ Undulationsglimmerblättchen nicht immer gut zu beobachten. Man bedient sich dann besser eines Quarzkeils, dessen eine Fläche parallel der Hauptaxe liegt, während die andere unter einem sehr spitzen Winkel dagegen geneigt ist, desselben Quarzkeils, mit welchem man in parallel polarisirtem Licht den optischen Charakter doppel-

* Diese Methode wird in meinem Institute seit 1887 angewandt. F. Rinne hat sie später ebenfalls in L. J. 1891. II. 21 beschrieben.

brechender Blättchen durch Veränderung der Interferenzfarbe bestimmt. In einem solchen Quarzkeil liegt, da der Quarz optisch positiv ist, parallel der Schneide des Keils die Axe grösster Elasticität, parallel der langen Kante die Axe kleinster Elasticität.

Bringt man nun ein zur Bissectrix senkrecht geschnittenes Blättchen zwischen gekreuzten Nicols in die Diagonalstellung, so wird man eine bestimmte Anzahl Axenringe sehen, welche jede Axe allein umschliessen, um diese dann die beide Axen gemeinschaftlich umziehenden Lemniscaten. Bei optisch positiven Krystallen ist die zum Blättchen senkrechte Bissectrix = c, die Verbindungslinie der Hyperbelpole = a, die darauf senkrechte = b. Schiebt man irgendwo zwischen Platte und Analysator den Quarzkeil horizontal so ein, dass die Kante (c) parallel der Verbindungslinie der Hyperbelpole vorrückt, so wird der in der Platte parallel a schwingende und also beschleunigte Strahl in dem Quarzkeil, parallel c schwingend, verzögert werden, der in der Platte parallel b schwingende, also verzögerte Strahl, wird im Quarzkeil parallel a schwingend beschleunigt werden und die beiden an einem Punkt des ersten dunklen Ringes austretenden Strahlen, deren Gangunterschied in der Platte = λ war, haben nun eine geringere Differenz; Analoges findet auf allen Punkten des zweiten, sowie der späteren Ringe statt: dieselben müssen sich also erweitern. Je tiefer man den Quarzkeil einschiebt, um so weiter werden die Ringe; sie wandern vom Axenpunkt nach dem Centrum der Interferenzfigur hin und öffnen sich endlich zu Lemniscaten, die beide Axen gemeinschaftlich umfassen. Es ist genau dasselbe, als mache man die Platte dünner und dünner.

Schiebt man dagegen den Quarzkeil so ein, dass seine lange Kante senkrecht zur Verbindungslinie der Hyperbelpole steht, so fällt nun a im Quarz mit a in der Platte, c im Quarz mit b in der Platte zusammen. Derselbe Strahl, welcher in der Platte beschleunigt wird, wird auch im Quarzkeil beschleunigt und umgekehrt; man erzielt also denselben Effect, als wenn man die Platte dicker und dicker machte. Zufolge davon müssen die jede Axe einzeln umfassenden Axenringe enger und enger werden, die beide Axen gemeinschaftlich umfassenden Lemniscaten schnüren sich senkrecht zur Axenebene mehr und mehr ein und zerfallen schliesslich in zwei gesonderte Axenringe. Es findet also ein Wandern der Interferenzcurven von aussen nach innen statt.

Bei negativen Krystallen liegt in der Verbindungslinie der

Axenpole die Axe kleinster Elasticität, senkrecht dazu diejenige der mittleren Elasticität. Schiebt man demnach den Quarzkeil so ein, dass seine Hauptaxe parallel der Verbindungslinie der Hyperbeln orientirt ist, so fällt c der Platte und c des Quarzes zusammen; man hat gewissermassen die Platte dicker gemacht und die Interferenzcurven wandern nach den Axenpolen. Wird dagegen der Quarzkeil so eingeschoben, dass seine Hauptaxe senkrecht zur Verbindungslinie der Hyperbelpole steht, so müssen sich aus analogen Gründen die Ringe erweitern und schliesslich zu einheitlichen Lemniscaten zusammenfliessen.

Man thut gut, den Versuch jedesmal in beiden Stellungen des Quarzkeils auszuführen, um sich vor Irrthum zu bewahren.

Messung des Winkels der optischen Axen. Der Abstand der Axenpunkte in einem senkrecht zur Bissectrix geschnittenen zweiaxigen Blättchen ist ein Maass für den Winkel der optischen Axen. Man beobachtet und misst diesen Abstand in der Diagonalstellung des Blättchens zwischen gekreuzten Nicols, wo dann die Hyperbelpole die Axenaustrittspunkte angeben. Es sei MM_1 (Fig. 72) der Durchschnitt eines solchen senkrecht zur Bissectrix B geschnittenen Blättchens, uu' und u_1u_1' die optischen Axen desselben für eine bestimmte Farbe, also $u'ru_1'$ der wirkliche Winkel der optischen Axen, den man nach Des Cloizeaux' Vorschlag 2 V nennt, so dass also V der wirkliche Winkel einer optischen Axe mit der spitzen Bissectrix ist. Man unterscheidet den spitzen Winkel der optischen Axen als $2V_a$ von dem stumpfen Winkel derselben $u'ru_1 = 2V_o$. Ein Lichtstrahl, welcher das Blättchen in der Richtung der optischen Axe uu' durchläuft, wird bei seinem Austritt in Luft in der Richtung $u'A_1$ abgelenkt und bildet mit der Bissectrix den Winkel $A_1qB = E_a$. Ebenso wird ein in der Richtung der zweiten Axe u_1u_1' das Blättchen durchlaufender Strahl nach A abgelenkt und bildet mit der Bissectrix den Winkel $AqB = E_a$. Wenn man also den Winkel der optischen Axen dadurch misst, dass man das Blättchen um eine im Punkt r senkrechte Axe dreht, bis ein-

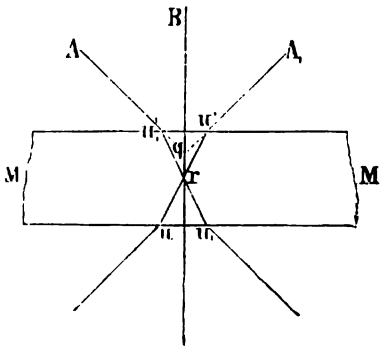


Fig. 72.

mal das Bild der einen Axe in A, dann das der andern in A_1 an demselben Punkte, im Schnittpunkte eines Fadenkreuzes in einem Beobachtungsfernrohr, erscheint, und die hierzu erforderliche Drehung an einem Theilkreise abliest, so hat man damit nicht den wirklichen Winkel $2V_a = u'ru'_1$, sondern den scheinbaren Axenwinkel in Luft $2E_a = AqA_1$ gemessen. — Wie man aus diesem scheinbaren Axenwinkel den wirklichen berechnen kann, ergiebt folgende Erwägung. Ein in der Richtung einer optischen Axe sich fortpflanzender Strahl schwingt senkrecht zu derselben mit einer der Axe mittlerer Elasticität entsprechenden Fortpflanzungsgeschwindigkeit, er hat also den Brechungsexponenten β. Für seinen Uebergang aus dem Blättchen in Luft haben wir also, da $u'rB = V_a$ sein Einfallswinkel, $A_1qB = E_a$ sein Brechungswinkel ist

$$\frac{\sin V_a}{\sin E_a} = \frac{1}{\beta}$$

$$\sin V_a = \frac{1}{\beta} \sin E_a$$

Wenn die Neigung einer optischen Axe gegen die Bissectrix eine gewisse Grösse überschreitet, die wir früher als Grenzwinkel kennen lernten, d. h. wenn $\sin V_a > 1/\beta$, so kann ein in der Richtung der Axe sich fortpflanzender Strahl nicht mehr aus dem Blättchen in Luft austreten, wird vielmehr total reflectirt. Um diese Totalreflexion zu vermeiden, bringt man zwischen das Blättchen und die Linsen, zwischen denen es sich befindet, eine Substanz von höherem Brechungsexponent als den der Luft, etwa Wasser, Oel, Schwefelkohlenstoff, Naphthalinmonobromat oder Jodkaliumquecksilber in Lösung und bestimmt nun den scheinbaren Axenwinkel in dieser Flüssigkeit. Derselbe wird nach dem gewöhnlich angewandten Oel (Huile) von Des Cloizeaux als $2H_a$, beziehungsweise $2H_o$ (a von aigu = spitz, o von obtus = stumpf) bezeichnet. Ist der Brechungsexponent der Flüssigkeit bekannt = n, so ergiebt sich aus dieser Messung der wahre Axenwinkel, wie leicht verständlich, nach der Relation

$$\sin V_a = \frac{n}{\beta} \sin H_a$$

Da die optischen Axen für verschiedene Wellenlängen dispergirt sind, so wird man den Werth $2V_a$ oder $2E_a$ natürlich anders finden, wenn man den Apparat einmal mit rothem, dann mit gelbem, grünem etc. Licht beleuchtet. Man erhält diese Beleuchtung durch homogene Flammen oder durch Einschaltung gefärbter Gläser. Die

Beobachtung im weissen Lichte giebt einen mittleren Werth für $2E_a$. beziehungsweise für $2V_a$.

Man bedient sich zur Messung des Axenwinkels bekanntlich eines nach Art des Polarisationsapparates eingerichteten Instrumentes, welches mit einem Theilkreis zur Ablesung der mit der Krystallplatte behufs Einstellung der Hyperbelpole auf den Schnittpunkt eines Fadenkreuzes vorgenommenen Drehung versehen ist und an welchem ferner eine Vorrichtung zur Centrirung und Justirung der Platte angebracht ist. Ein solches Instrument heisst ein Axenwinkelapparat.

Man kann sich des Mikroskops gleichfalls bedienen, um den Winkel der optischen Axen zu messen, wenn man dasselbe in der von E. Bertrand angegebenen, oben S. 169 mitgetheilten Weise in ein Polarisationsinstrument durch Einschaltung einer Sammellinse zwischen Objectiv und Ocular umwandelt. Man erblickt alsdann, nöthigenfalls nachdem man zwischen die Condensatorlinsen und das Präparat, sowie zwischen das Präparat und das Objectiv einen Tropfen einer stark lichtbrechenden Flüssigkeit gebracht hat, die Bilder beider Axen im Gesichtsfelde und kann den Abstand derselben vermittelst eines festen Ocularmikrometers, eines beweglichen Schraubenmikrometers oder durch Projection vermittelst einer Camera lucida auf Papier messen. Die genauesten Resultate erhält man wohl, wenn man nach E. Mallard's* Vorschlag den Faden eines Schraubenmikrometers successive mit beiden Hyperbelbolen des in die Diagonalstellung zwischen den gekreuzten Nicols übergeführten Blättchens bringt und an der Mikrometerschraube die durchlaufene Distanz abliest. Vorbedingung für diese Messung ist möglichste Schärfe und Deutlichkeit des Interferenzbildes. Man erreicht diese am vollkommensten, wenn man, wie dieses bei dem Nachet'schen und den grossen Mikroskopen von Voigt und Hochgesang, sowie von Fuess ausführbar ist, den Focus des Systems der Condensatorlinsen genau unter denjenigen Punkt des Präparats bringt, welcher das Bild liefert, und durch geeignetes Heben und Senken des aus der Bertrand'schen Linse und dem Ocular bestehenden Beobachtungsmikroskopes scharfe Sichtbarkeit der Hyperbelpole ermöglicht. Hat man dann den Abstand dieser beiden Pole gemessen, — derselbe sei $= 2D$ gefunden — so erhält man aus dieser Lineargrösse den gesuchten Winkel der Axen in folgender Weise.

* Er. Mallard, Sur la mesure de l'angle des axes optiques. Bull. Soc. minér. Fr. V. 1882. pg. 77 sqq.

Es sei (Fig. 73) LL das zur Bissectrix senkrecht geschnittene Blättchen auf dem Mikroskoptisch, die Axe des Mikroskops falle mit der Bissectrix zusammen und ein mit einer optischen Axe paralleles Strahlenbündel durchlaufe dasselbe unter einem Winkel v mit der Bissectrix. Beim Uebergang aus dem Blättchen in Luft oder Oel wird dasselbe abgelenkt und beim Eintritt in das Objectiv wieder der Bissectrix (Axe des Mikroskops) zugelenkt (die Zeichnung ist so ausgeführt, dass der Brechungsexponent der Objectivlinse grösser ist als derjenige des Blättchens) und bildet mit derselben den Winkel u. Man hat, wenn β der mittlere Brechungsexponent des Blättchens, n derjenige des Glases der Objectivlinse ist,

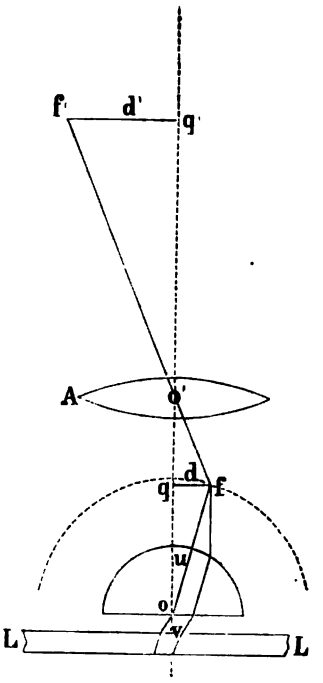


Fig. 73.

$$\sin u = \frac{\beta}{n} \sin v.$$

Macht man of gleich der Focaldistanz des Objectivs, so werden alle mit der Neigung u das Objectiv durchlaufenden Strahlen in f zum Bilde vereinigt, es liegen also die Vereinigungspunkte aller das Objectiv unter irgend welchem Winkel durchlaufenden Strahlenbündel auf einem Kreise, dessen Centrum o und dessen Radius of ist. Für die Entfernung des Punktes f, welcher das Bild vom Axenpol des Blättchens liefert, von der Axe des Mikroskops hat man

$$f\,q = d = o\,f \sin u.$$

Die von dem Punkte f ausgehenden Strahlen werden von der Bertrand'schen Linse A in f' zum Bilde vereinigt und die Entfernung dieses Bildes f' von der Axe des Mikroskops, also $f'\,q' = d'$ ist abhängig von der Stellung der Linse A, doch ist das Verhältniss $\frac{d'}{d}$ nahezu ein constantes und es steht daher auch d' in einem constanten Verhältniss zu sin u. Das Bild in f' betrachtet man durch das Ocular und sieht es in einem Abstande D von der Axe des Mikroskops, d. h. von dem Schnittpunkte der Fäden im Fadenkreuz, welcher ebenfalls eine Function von sin u ist, so dass man hat

$$D = m \sin u,$$

worin m ein mit der Focaldistanz des Objectivs wechselnder, für dieselbe Combination von Objectiv und Ocular constanter Factor ist. — Heisst endlich der Winkel, den das in Luft austretende Strahlenbündel mit der Axe des Mikroskops macht, E, so hat man

$$\sin E = \frac{n}{\rho} \sin u.$$

Aus den beiden letzten Gleichungen folgt

$$D = K \cdot \sin E,$$

worin K ein für denselben optischen Apparat constanter, durch Versuch ein für allemal zu bestimmender Factor ist. Ist dieser Factor bekannt, so lässt sich der scheinbare halbe Axenwinkel der Platte aus dem gemessenen Abstand der Axenpole 2 D und dem constanten Factor K durch

$$\sin E = \frac{D}{K}$$

finden. — Den Factor K bestimmt man dadurch, dass man den Axenwinkel in Luft einer genau zur Bissectrix senkrecht geschnittenen Platte in einem Axenwinkelapparat misst, also 2 E bestimmt, die Platte dann unter das Mikroskop bringt, welches nach der Bertrand'schen Methode zum Polarisationsinstrumente umgewandelt wurde und den Abstand der Axenpole 2 D misst. Man kennt dann in der Gleichung

$$D = K \sin E$$

die Werthe D und E und berechnet daraus K.

Dieser Werth K ist natürlich nur so lange constant, als man dasselbe Objectiv benutzt und die Bertrand'sche Linse, beziehungsweise dem aus ihr und dem Ocular gebildeten Beobachtungsmikroskope für das Axenbild stets dieselbe Stellung oder gleichen Abstand von der Platte und gleiche Entfernung von Linse und Ocular giebt.

Liegen die Axenpole nicht mehr im Gesichtsfeld, so muss man das Blättchen um die Axe mittlerer Elasticität (der Senkrechten zur Verbindungslinie der Axenpole) so weit drehen, bis nach einander das Bild jeder Axe mit dem Mittelpunkt des Fadenkreuzes zusammenfällt; die Grösse dieser Drehung giebt die Grösse des Axenwinkels in dem Medium, welches das Blättchen umgiebt. Die Messung geschieht also dann genau nach der bei Anwendung des gewöhnlichen Axenwinkelapparates gebräuchlichen Methode. Einen zur Ausführung dieser Operation geeigneten Apparat hat E. Bertrand* con-

* E. Bertrand, Nouveau minéral des environs de Nantes. Bull. Soc. minér. Fr. 1880. III. 96.

struirt. Derselbe besteht (Fig. 74) aus dem cylindrischen Metallgefäss *c*, in dessen Boden eine Glasplatte eingelegt ist, durch welche die vom Polarisator kommenden Strahlen einfallen, und senkrecht zu dessen Boden ein Halbkreis *G* angelöthet ist, von welchem eine mit der Axe *A* ausgeführte Drehung abgelesen werden kann. Der ganze Apparat wird auf dem Tisch des Mikroskops befestigt und ist mit diesem drehbar. Die zu untersuchende Platte wird auf einem Glasstreifen in der kleinen Pincette befestigt, in welcher (Fig. 75) die Axe *A* endigt; man füllt das Gefäss *C* mit Oel und taucht in dieses das Objectiv ein. Alsdann centrirt man mit der Hand oder vermittelst der den centrirbaren Mikroskoptisch bewegenden Schlitten den Apparat mit dem Blättchen und stellt nun durch Drehung der Axe *A* nach einander die Hyperbelpole auf den Mittelpunkt des Fadenkreuzes ein. Der mit der Axe *A* sich drehende Nonius *B* wird in beiden Stellungen abgelesen und die Differenz der Ablesungen giebt den Winkel 2H. — Die neueren mikroskopischen Axenwinkelapparate, wie sie z. B. R. Fuess construirt, vermeiden die unbequeme Stopfbüchse, indem sie die das Krystallblättchen tragende kleine Zange an dem horizontalen Arm eines rechtwinklig gebogenen Trägers befestigen, welcher in einer Führung an der festen Scheibe *G* auf- und abgleitet und vermittelst einer Schraube gehoben und gesenkt werden kann. Ausserdem ist die kleine Zange durch ein Cylindergelenk mit dem festen Stabe verbunden, wodurch eine Bewegung des Präparats um eine horizontale Axe möglich wird. Die Bewegung um eine vertikale Axe wird durch Drehung des Präparats mit der Hand oder mit einem kleinen Stift ausgeführt. Dadurch, dass somit das Präparat genau centrirt und justirt werden kann, haben die Messungen einen weit höheren Grad von Genauigkeit. — Auch Nachet (Bull. Soc. minér. Fr. 1887. X. 186) hat einen verbesserten mikro-

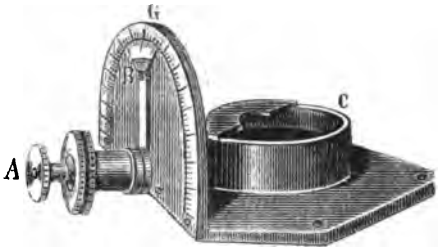


Fig. 74.

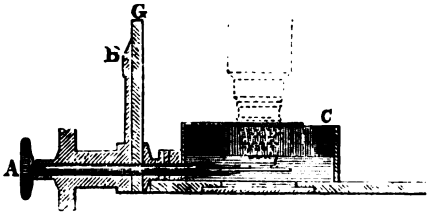


Fig. 75.

skopischen Axenwinkelapparat für Oel (cuve goniomètre) construirt. — Bei der geringen Entfernung, in welcher das Objectiv vom Blättchen sich befindet, ist die mit der Axe A ausführbare Drehung oft nicht ausreichend, um die Axenpole bis ins Fadenkreuz zu führen: es genügt dann eine solche Drehung, dass nach einander die Axen im Gesichtsfeld erscheinen. Misst man nun deren Abstand $= 2D$ in der vorher beschriebenen Weise und liest die Drehungen ab, durch welche die Axen ins Gesichtsfeld geführt wurden, so kann man natürlich aus diesen beiden Daten ebenfalls den Axenwinkel ableiten.

Steht die Bissectrix nicht senkrecht auf dem Blättchen, so ergiebt sich der Axenwinkel für alle möglichen Einzelfälle aus der allgemeinen Lösung des Problems durch KIRCHHOFF (POGG. Ann. 1859. CVIII. 567). Man denke sich aus dem Mittelpunkt einer Kugel Linien gezogen parallel der Normale der Krystallfläche, den beiden scheinbaren optischen Axen, den beiden wahren Axen und der Bissectrix der letzteren. Die Durchschnittspunkte dieser Linien mit der Kugel heissen der Reihe nach (Fig. 76) N, S, S', W, W', M und werden durch grösste Kreise verbunden, deren Bögen NW, NW', NS, NS', WM, SS' der Reihe nach a, a', x, x', c, z heissen. Dann ist

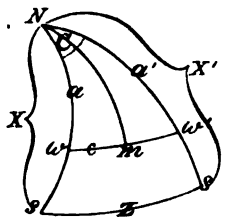


Fig. 76.

$$\cos 2V = \cos 2c = \cos a \cos a' + \sin a \sin a' \cos c$$
$$\cos z = \cos x \cos x' + \sin x \sin x' \cos c,$$

ferner, wenn β der mittlere Brechungsexponent ist,

$$\left.\begin{aligned} \sin x &= \beta \sin a \\ \sin x' &= \beta \sin a' \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{I)}$$

Daraus ergiebt sich

$$\cos 2c = \frac{\cos z}{\beta^2} + \cos a \cos a' - \frac{\cos x \cos x'}{\beta^2} \quad \ldots\ldots\ldots \text{II)}$$

Hat man z, x und x' direct oder nach dem MALLARD'schen Verfahren gemessen und kennt man β, so findet man aus den Gleichungen I) und II) ohne Schwierigkeit $2c = 2V$.

c. Farbe der Mineralien.

Die Farbe der Mineralien im reflectirten Lichte ist nur da als charakteristisches Kennzeichen von Bedeutung, wo sie eine Eigenfarbe ist und besonders dann, wenn sich durchsichtige Blättchen

nicht herstellen lassen, also ganz besonders bei den Erzen, unter denen manche Substanzen aus der Reihe der oxydischen Erze, wie Magnetit, Ilmenit, Eisenglanz zu den verbreitetsten Gemengtheilen der Gesteine gehören, während andere aus der Gruppe der geschwefelten Erze, wie Pyrit und Magnetkies zu den häufigsten accessorischen Gemengtheilen zählen. Um diese und verwandte Mineralien nach Farbe und Glanz mikroskopisch bestimmen zu können, hat A. von Inostranzeff (Ueber eine Vergleichungskammer zur mikroskopischen Unterscheidung undurchsichtiger Mineralien. L. J. 1885. II. 94) eine Methode angegeben. Aus zwei nebeneinanderstehenden Mikroskopen, welche in derselben Weise durch auffallendes Licht beleuchtet werden, nimmt man die Oculare und setzt statt ihrer den mit zwei reflectirenden Prismen P und P^1 (Fig. 77) versehenen Röhrensatz ein. Das von diesem gespiegelte Licht wird durch zwei weitere Prismen p und p_1 in das gemeinschaftliche Ocular O geführt. Legt man nun unter das eine Mikroskop das zu besprechende Mineral, unter das andere ein Vergleichsobject, so wird man, falls in den beiden Mikroskopen die einander zugewendeten Bildhälften abgeblendet wurden, die beiden äusseren Bildhälften des Objects und des Vergleichsobjects in unmittelbare Berührung sehen. Man kann die Gleichheit oder Verschiedenheit der beiden Hälften deutlich erkennen. Als Vergleichsobjecte schlägt er künstliche Farben vor, welche aus dem Pulver der verbreitetsten undurchsichtigen Mineralien hergestellt werden.

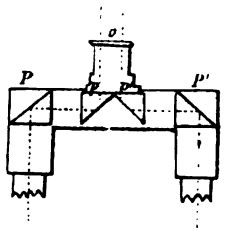


Fig. 77.

Zu den idiochromatischen durchsichtigen Mineralien, welche eine grössere Verbreitung in den Gesteinen besitzen, gehören gewisse Oxyde, wie Rutil, und besonders Silikate mit schwermetallischen Basen, wie die Glimmer, Pyroxene, Amphibole, Granate, Turmaline u. s. w. Bei der grossen Mannichfaltigkeit der Farben, welche je nach der Oxydationsstufe des Metalls (Eisen, Mangan) und der relativen Menge auftreten, in welcher die schwermetallhaltigen Molekularverbindungen mit solchen von Erd- oder Alkalimetallen in isomorpher Mischung verbunden sind, ist eine Verwendung der Farbe zur Bestimmung des Minerals nur selten und mit Vorsicht gestattet. — Bei den pigmentirten Mineralien, die also an und für sich farblos sind und nur einem fremden, beigemengten Stoff anorganischer oder organischer Natur ihre Farbe verdanken,

hat die Farbe natürlich kein determinatives Moment. Die mikroskopische Untersuchung solcher allochromatischer Substanzen lehrt, dass ihr Pigment entweder in wohl begrenzten und erkennbaren Täfelchen, Nädelchen, Körnchen als eigentlicher Einschluss vorhanden und dann sehr oft recht ungleich durch die ganze Masse hin vertheilt ist, oder aber man vermag die färbende Substanz nicht als solche getrennt von der gefärbten Masse wahrzunehmen. Ein in letzterer Form vorhandenes Pigment nennt man ein dilutes und es ist eine Eigenthümlichkeit solch dilut pigmentirter Körper, dass ihre Farbe bei hinreichender Dünne der untersuchten Blättchen mehr oder weniger vollständig verschwindet. Man ist genöthigt anzunehmen, — und besonders die Erscheinungen des Pleochroismus allochromatischer, dilut gefärbter Körper nöthigt zu dieser Annahme, — dass in diesem Falle das Pigment in den Intermolekularräumen der Substanz vertheilt sei. Die chemische Untersuchung hat gelehrt, dass äusserst kleine Mengen von dilutem Pigmenten oft eine sehr intensive Färbung bedingen können.

Wenn die Farbe der Körper im auffallenden Lichte davon herrührt, dass von dem auffallenden weissen Lichte nicht alle Strahlen, sondern nur solche gewisser Wellenlängen reflectirt werden, während diejenigen anderer Wellenlängen absorbirt werden, so sind auch die Farben der Körper im durchfallenden Lichte bedingt durch die Absorption gewisser Lichtstrahlen. Es ist bekannt, dass Lichtwellen bei ihrem Durchgange durch durchsichtige Medien stets eine Schwächung erfahren, ja dass sie ganz ausgelöscht werden, wenn die Dicke der durchlaufenen Schicht hinreichend gross ist. Da nun die Elasticität des Lichtäthers in isotropen Medien nach allen Richtungen die gleiche ist, so muss man annehmen, dass auch die Schwächung einer sie durchlaufenden Lichtwelle unabhängig sein wird von ihrer Richtung. Der Grad ihrer Durchsichtigkeit muss also, wenn die Lichtstrahlen aller Wellenlängen gleich stark absorbirt werden, nur abhängig sein von einem der Substanz eigenthümlichen Absorptionscoëfficienten und ihrer Dicke. Ebenso muss, wenn die Absorption sich vorwiegend auf die Strahlen bestimmter Wellenlängen beschränkt, ihre Farbe unabhängig sein von der Richtung. Die Erfahrung bestätigt diesen Schluss.

Anders liegt die Sache bei den anisotropen Medien. Da in ihnen die Aetherelasticität, also auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes mit der Richtung wechselt, so ist anzunehmen, dass auch die Absorption des Lichtes in verschiedenen Richtungen

eine verschiedene sei, dass also bei gleicher Absorption der Strahlen aller Wellenlängen die Durchsichtigkeit gleich dicker Platten eine andere sein kann, wenn die Platten nach verschiedenen Richtungen geschnitten wurden. Ebenso müssen dann, wenn die Absorption der Strahlen für alle Wellenlängen nicht eine gleiche ist, in verschiedenen Richtungen Strahlen verschiedener Wellenlänge vorwiegend absorbirt werden können. Es werden alsdann Platten solcher anisotropen Medien, die nach verschiedenen Richtungen geschnitten wurden, im durchfallenden Lichte verschiedene Farben zeigen. Dieses Phänomen der mit der Richtung wechselnden farbigen Absorption doppelbrechender Körper bezeichnet man mit dem Namen des Pleochroismus.

Pleochroismus der einaxigen Mineralien. Durchblickt man einen einaxigen Krystall so, dass die Lichtstrahlen senkrecht zu dessen Basis auffallen, so gelangen nur ordentliche Strahlen ins Auge und die Farbe, welche der Krystall zeigt — Haidinger nannte sie die Basisfarbe — ist ausschliesslich bedingt von der Absorption, welche der ordentliche Strahl erfährt. Untersucht man die Strahlen etwa mit einem Nicol, so wird die Farbe stets dieselbe bleiben, wie man auch das Nicol um seine Achse drehe. Es findet eben in der Richtung der Hauptaxe keine Doppelbrechung statt. Durchblickt man nun den Krystall (durchsichtige Turmaline, Berylle oder Vesuviane sind bequeme Objecte) schief gegen die Hauptaxe, so wird die Farbe sich ändern und um so mehr von der Basisfarbe abweichen, je grösser die Neigung der durchgehenden Strahlen gegen die Hauptaxe wird. Das Maximum der Farbenverschiedenheit muss eintreten, wenn man senkrecht zur Hauptaxe hindurchsieht. Dreht man in dieser Stellung den Krystall um seine Hauptaxe, so ändert sich die Farbe nicht mehr, falls der Krystall senkrecht zur Hauptaxe in allen Richtungen gleiche Dicke besitzt. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, dass bei schiefer Lage der Hauptaxe zur Strahlenrichtung eine Doppelbrechung der Strahlen stattfindet. Zu dem ordentlichen Strahl gesellt sich ein ausserordentlicher, dessen Fortpflanzungsgeschwindigkeit und dessen Absorption um so mehr von derjenigen des ordentlichen Strahls abweicht, je näher die Hauptaxe senkrecht zur Strahlenrichtung liegt. Die Farben, welche ein einaxiger Krystall in einer andern Richtung, als derjenigen seiner Hauptaxe zeigt, sind also bedingt durch die Combination des ordentlichen und ausserordentlichen Strahls, deren jeder verschieden absorbirt wird. Man fasst nun gewöhnlich nur die extremen

Fälle ins Auge, Hauptaxe parallel und senkrecht zur Strahlenrichtung. und sagt daher, dass die einaxigen Krystalle Dichroismus besitzen. was in Strenge nicht richtig ist, da sich die Farbe stetig mit der Richtung ändert.

Dass die Farbe eines einaxigen Krystalls bei schiefer oder senkrechter Lage seiner Hauptaxe zur Strahlenrichtung aus der Farbe des ordentlichen und des ausserordentlichen Strahls sich zusammensetze, zeigte Haidinger sehr elegant vermittelst des von ihm erfundenen und benannten Dichroskops oder der dichroskopischen Loupe. Dieselbe besteht (Fig. 78) aus einem länglichen Calcitspaltungsstück *a*, an welchem, um die Ablenkung der Strahlen zu vermeiden, zwei Flächen senkrecht zu den Endkanten angeschliffen sind. Dasselbe ist in eine Messinghülse *b* gefasst, die an beiden Enden mit abnehmbaren Metallplatten geschlossen ist. Die Objectivplatte hat eine kleine quadratische oder oblonge Oeffnung *c*, während die Ocularplatte eine grössere runde Oeffnung *d* hat.

Fig. 78.

vor welcher noch eine schwach vergrössernde Linse *e* angebracht ist. Hält man das Dichroskop mit der Oeffnung *d* vor das Auge. so erhält man ein doppeltes Bild der kleinen Objectivöffnung *c*: das eine entsteht durch den ordentlichen, parallel der langen Diagonale der Endfläche des Calcitprismas schwingenden Strahl. das zweite durch den ausserordentlichen Strahl, dessen Vibrationen sich parallel der kurzen Diagonale des Prismas vollziehen. Die beiden Bilder liegen unmittelbar nebeneinander und man erkennt das ausserordentliche leicht an grösserer Helle und einerseits gelber. andererseits bläulicher Umsäumung, wenn man nach einer weissen Fläche sieht. Um rasch bei der Untersuchung das Instrument so orientiren zu können, dass eine bestimmte Richtung parallel der Schwingungsebene von *O* oder *E* sei, empfiehlt es sich auf der Aussenseite der Objectivplatte zwei senkrechte Striche, einen längeren und einen kürzeren, parallel den entsprechenden Diagonalen des Calcits einzugraviren, wenn das Instrument eine quadratische Objectivöffnung hat: ist diese oblong, so orientirt man die Seiten des Oblongs selbst nach diesen Richtungen.

Sieht man nun durch das Dichroskop senkrecht zur Basis eines optisch einaxigen, durchsichtigen Krystalls, so werden beide Bilder gleiche Farbe und gleiche Intensität haben, wie man auch das Dichroskop um seine Axe drehe, denn beide Bilder rühren von Strahlen her, die sich durch zur optischen Axe senkrechte Schwingungen fortpflanzen, also keinerlei Unterschiede erkennen lassen. Blickt man dagegen durch das Dichroskop normal auf eine vertikale Fläche desselben Krystalls so, dass dessen Hauptaxe parallel zur langen Diagonale des Calcits im Dichroskop gestellt sei, so zeigt das ordentliche Bild die sogenannte Axenfarbe, d. h. die Farbe des ausserordentlichen Strahls, das ausserordentliche die Basisfarbe des beobachteten Krystalls. Der Grund ist natürlich der, dass die im Krystall parallel der Hauptaxe schwingenden, ausserordentlichen Strahlen das Dichroskop mit Schwingungen parallel der langen Diagonale des Calcits durchlaufen, also das ordentliche Bild geben, während die im Krystall senkrecht zu dessen Axe schwingenden ordentlichen Strahlen nun im Dichroskop in der Richtung der kurzen Diagonale schwingen, also das ausserordentliche Bild bewirken. — Dreht man nun das Dichroskop um seine Axe, bis die kurze Diagonale parallel der Hauptaxe im beobachteten Krystall steht, so muss aus analogen Gründen nun das ordentliche Bild die Basisfarbe, das ausserordentliche die Axenfarbe zeigen. Bei der Mittelstellung von 45° müssen natürlich beide Bilder gleich gefärbt sein, weil beide den beobachteten Krystall durchlaufenden Strahlen beim Eintritt in den Calcit die gleiche Zerlegung auf die optischen Hauptschnitte desselben (seine Schwingungsebenen) erleiden.

Man könnte sich des Dichroskops auch bei mikroskopischen Studien bedienen, indem man dasselbe auf das Ocular des Mikroskops setzte; doch würde man hierdurch das Gesichtsfeld sehr stark verkleinern und müsste stets beim Aufsetzen und Abnehmen desselben neu einstellen. Statt daher die beiden Strahlen, welche ein doppelbrechendes Blättchen durchlaufen, neben einander auf ihre Absorptionsverhältnisse zu prüfen, schlug Tschermak* vor, sie nacheinander zu betrachten. Man kann das auf zweierlei Weise ausführen. Entweder entfernt man den Polarisator, behält nur den Analysator bei und dreht den Mikroskoptisch, bis nacheinander

* Tschermak, Mikroskop. Unterscheidung der Mineralien aus der Augit-, Amphibol- und Biotit-Gruppe. Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. Bd. LIX. I. Abth. Mai 1869.

die kleinste und grösste Elasticitätsaxe des untersuchten Blättchens mit dem Hauptschnitt des Analysators zusammenfallen. In diesen beiden Stellungen tritt eine Zerlegung der Strahlen im Analysator nicht ein und man erhält also nacheinander den ordentlichen und den ausserordentlichen Strahl des Blättchens. Nun ist aber das vom Spiegel des Mikroskops kommende Licht theilweise polarisirt und man beobachtet also gewissermassen „im polarisirten Lichte". Es empfiehlt sich daher mehr, den Analysator zu entfernen, den Polarisator beizubehalten und nun durch Drehung des Mikroskoptisches den Hauptschnitt des Blättchens einmal parallel und dann senkrecht zum Hauptschnitt des Polarisators zu stellen. Im ersten Falle wird das Blättchen nur von einem ausserordentlichen, im andern von einem ordentlichen Strahl durchlaufen und man kann also wiederum jeden derselben auf die ihm eigenthümliche Absorption prüfen.

Pleochroismus der zweiaxigen Mineralien. Platten aus zweiaxigen Krystallen, welche senkrecht zu einer optischen Axe geschnitten sind, werden im Allgemeinen keinen Pleochroismus erkennen lassen; alle andern Platten solcher Krystalle werden dagegen, wenn überhaupt wahrnehmbare farbige Absorption vorhanden ist, eine mit der Richtung der Platte wechselnde Farbe zeigen. Dieselbe ist combinirt aus den Farben der beiden die Platte durchlaufenden Strahlen; nennt man mit Haidinger solche Farben „Flächenfarben", so kann man dieselben, wie bei einaxigen Platten, die nicht senkrecht zur Hauptaxe geschnitten wurden, durch das Dichroskop oder ein Nicol in die Axenfarben, d. h. die Farben der einzelnen das Blättchen durchlaufenden Strahlen zerlegen. Es sei z. B. Fig. 79 ein Würfel, welcher aus einem rhombischen Krystall so geschnitten wurde, dass jede Fläche senkrecht zu einer Elasticitätsaxe liegt, dann wird man drei im Maximum verschiedene Flächenfarben haben, wenn man durch die Flächen *A*, *B* und *C* senkrecht auffallendes Licht beobachtet. Die Flächenfarbe *C* combinirt sich aus den parallel a und b schwingenden Strahlen; ebenso sind die Flächenfarben *A* und *B* combinirt aus den parallel b und c, beziehungsweise a und c schwingenden Strahlen. Man unterscheidet demnach bei zweiaxigen Krystallen drei Flächenfarben und drei Axenfarben.

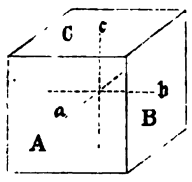


Fig. 79.

Man nahm früher an, dass die Richtungen stärkster farbiger

Absorption in den zweiaxigen Krystallen, welche man als Absorptionsaxen bezeichnen kann, mit den Elastitätsaxen zusammenfallen. Diese Annahme, eine Folgerung aus dem Verhalten der Krystalle mit Beziehung auf die Brechung der Lichtstrahlen, ist, wie H. Laspeyres* und nach ihm W. Ramsay** zeigten, nur so lange berechtigt, als die Elasticitätsaxen mit krystallographischen Symmetrieaxen zusammenfallen, also im rhombischen System für alle drei Elasticitätsaxen, im monoklinen System für die mit der Axe b zusammenfallende Elasticitätsaxe: sie ist dagegen nicht nothwendig richtig für die bei monoklinen Krystallen in der Symmetrieebene liegenden zwei Elasticitätsaxen und für alle Elasticitätsaxen trikliner Krystalle. Thatsächlich fand H. Laspeyres, dass beim Manganepidot eine von der Dispersion der Elasticitätsaxen a und c unabhängige Dispersion der Absorptionsaxen in der Symmetrieebene stattfindet und Ramsay bestätigte das für den Pistazit des Sulzbachthals.

Polarisationsbüschel oder epoptische Figuren. Durchblickt man senkrecht zu einer optischen Axe geschnittene Platten solcher zweiaxiger Krystalle, welche eine starke farbige Absorption besitzen, so dass Lichtstrahlen möglichst verschiedener Richtung ins Auge gelangen können, so sieht man mehr oder weniger deutlich auf gefärbtem Grunde andersfarbige hyperbolische Büschel. Platten aus Andalusit, Pistazit, Cordierit lassen die Erscheinung besonders deutlich wahrnehmen, wenn man sie dicht vors Auge hält und gegen den hellen Himmel sieht. Man nimmt dieselben auch sehr scharf und deutlich wahr, wenn man stark convergentes Licht durch die auf dem Mikroskop liegende Platte sendet und dieselbe bei abgenommenem Ocular durch den Tubus betrachtet. Am bequemsten studirt man das Phänomen an Spaltblättchen des Pistazit nach der Basis. Die hyperbolischen Büschel erscheinen dann braun auf grünem Grunde. Man nennt diese Büschel Polarisationsbüschel oder epoptische Figuren. Dieselben wurden zuerst von Ermann*** beobachtet. W. Haidinger†, A. Ber-

* H. Laspeyres, Die optischen Eigenschaften des Piemontit. Z. X. IV. 1880. 440—467.

** W. Ramsay, Ueber die Absorption des Lichtes im Epidot vom Sulzbachthal. Z. X. 1888. XIII. 97—134.

*** Pogg. Ann. XXVI. 1832. 302.

† W. Haidinger, Pleochroismus an einigen zweiaxigen Krystallen in neuerer Zeit beobachtet. S. W. A. 1854. XIII. 316.

TIN*, E. BERTRAND**, ER. MALLARD*** und TH. LIEBISCH† haben sich vielfach mit denselben beschäftigt und E. MALLARD hat die im Folgenden mitgetheilte Erklärung für dieselben gegeben.

Es stellen in Fig. 80 B und B' die Polarisationsbüschel dar. A sei der Austrittspunkt der zur Platte senkrechten optischen Axe. A' derjenige der zweiten Axe. Ein die Platte schief durchlaufender und bei m in geringer Entfernung von A austretender Strahl ist in zwei Strahlen gespalten, von denen der eine parallel Am schwingend wenig absorbirt werde und die Farbe λ besitze, während der andere, senkrecht Am schwingend, stark absorbirt werde und die Farbe λ' besitze. Es wird alsdann die Platte bei m hell sein und die Farbe λ zeigen. Betrachtet man ebenso einen die Platte schief durchsetzenden und bei m', auf einer zu AA' senkrechten Richtung austretenden Strahl, so ist auch dieser in zwei Strahlen gespalten, deren Schwingungsrichtungen den Winkel $Am'A'$ halbiren, beziehungsweise auf dieser Halbirungslinie senkrecht stehen.

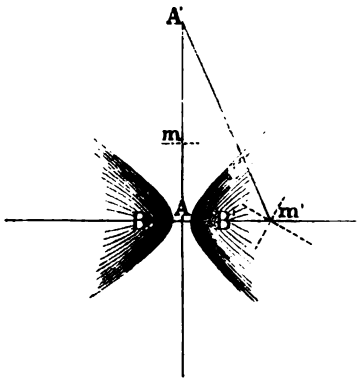


Fig. 80.

Jeder von ihnen erfährt eine Absorption, welche für den einen grösser ist, als die Absorption, welche der im Hauptschnitte schwingende, bei m austretende Strahl erfährt, während sie für den andern kleiner ist, als diejenige, welche der senkrecht zum Hauptschnitt schwingende, bei m austretende Strahl erleidet. Es muss also bei m' die Platte eine Farbe von geringerer Helle zeigen, welche aus den Farben λ und λ' gemischt ist. Das Verhältniss, in welchem die beiden Farben λ und λ' sich zu der Farbe irgend eines Punktes der Platte combiniren, ist offenbar abhängig von dem Winkel, welchen die Verbindungslinien des Punktes mit den Austrittspunkten

* A. BERTIN, Sur les houppes des cristaux polychroïques. Bull. Soc. minér. Fr. II. 1879. 54.

** E. BERTRAND, Notes sur les houppes que présentent les cristaux à un axe optique. Ibidem 67.

*** E. MALLARD, ibidem pg. 72.

† TH. LIEBRICH, Ueber Absorptionsbüschel pleochroitischer Krystalle. Nachrichten d. kön. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. 1888. No. 8. 202.

der optischen Axen machen. Je weiter der Punkt von A und der Normalen auf AA' abliegt, welche durch A geht, um so mehr wird die Farbe λ zur Färbung des Punktes beitragen. Daraus ergiebt sich, dass die Büschel von einer hyperbolischen Curve begrenzt werden müssen und dass sie nach aussen allmählig in die Farbe des Gesichtsfeldes bei m übergehen.

W. Voigt* hat die Theorie der Erscheinungen, welche planparallele Platten absorbirender Krystalle im convergenten Lichte geben, allgemein entwickelt. Die Phänomene selbst beobachtet man nach Th. Liebisch (l. c.) am besten vermittelst der zur Beobachtung von Platten mit sehr grossem Axenwinkel von E. Bertrand, Nachet und Fuess construirten Linsensysteme mit sehr grosser Apertur. Sie finden sich an ein- und an zweiaxigen Krystallen.

Die einaxigen Krystalle zerfallen in zwei Classen, je nachdem der mit der Fortpflanzungsrichtung veränderliche Absorptionsindex der ausserordentlichen Wellen kleiner ist, als der constante Absorptionscoëfficient der ordentlichen Wellen, oder umgekehrt. Zu der ersten Classe gehört der Turmalin, der scheinbar einaxige Biotit und Chlorit, zur zweiten das Magnesiumplatincyanür.

Platten von Turmalin senkrecht zur optischen Axe zeigen in natürlichem Lichte einen dunklen Fleck in der Mitte des Gesichtsfeldes und randliche Aufhellung; in geradlinig polarisirtem Lichte erscheint parallel zur Polarisationsebene P des Polarisators am Rande des Gesichtsfeldes ein Büschelpaar, welches sich nach dem weniger dunklen centralen Fleck hin erweitert.

Schaltet man einen Analysator so ein, dass seine Polarisationsebene A parallel P des Polarisators liegt, so zeigt die (Fig. 48, S. 174) Interferenzfigur deutlich verschiedene Lichtintensität in den beiden Armen des hellen Kreuzes, weil mit diesen ungleiche Absorptionsbüschelpaare zusammenfallen. Bei Drehung des Analysators treten zwei Paare von Büscheln parallel zu den Ebenen A und P auf.

Schnitte nach einer zur Hauptaxe geneigten Fläche zeigen unter günstigen Verhältnissen im natürlichen Lichte eine verschiedene Färbung in der durch den Hauptschnitt des Schliffes gegebenen

* W. Voigt, Zur Theorie der Absorption des Lichtes in Krystallen. Nachr. d. kön. Ges. d. Wiss. in Göttingen. 1884. 337. — Wiedemann's Ann. 1885. XXIII. 577. — Erklärung der Farbenerscheinungen pleochroitischer Krystalle. L. J. 1885. I. 119.

Richtung: der dem Axenaustritt nächste Theil des Gesichtsfeldes ist dunkler und verläuft allmählig in die Färbung der entgegengesetzten Seite. — Im geradlinig polarisirten Lichte bildet sich ein Absorptionsbüschel an dem der optischen Axe abgewandten Theile des Gesichtsfeldes, wenn der Hauptschnitt der Platte parallel *P* liegt. Der Büschel wird breiter und schwächer nach dem die optische Axe bezeichnenden dunklen Fleck hin. Bei einer Drehung der Platten aus dieser Stellung folgt der Absorptionsbüschel der Drehung, bis er vollständig aus dem Gesichtsfelde verschwindet: liegt der Hauptschnitt der Platte senkrecht zu *P*, so ist die Färbung des Gesichtsfeldes dieselbe, wie im natürlichen Lichte.

Platten parallel zur optischen Axe zeigen im natürlichen Lichte auf dunklerem Grunde einen helleren Streifen senkrecht zur Axe. Dieselbe Erscheinung hat man im geradlinig polarisirten Lichte, wenn die Richtung der optischen Axe senkrecht auf *P* steht. Läuft sie dieser parallel, so ist die ganze Platte dunkel, weil nun ein Absorptionsbüschel auf den hellen Streifen fällt.

Analog ist die Erscheinung bei Chlorit; hier sind Axenfleck und Absorptionsbüschel grün auf röthlich gelbem Felde.

Bei den einaxigen Krystallen mit einer für *E* stärkeren Absorption als für *O* ist der Axenfleck heller als das Feld und die Büschel sind um 90° gegen die Lage im ersten Fall verwendet.

Auch die zweiaxigen Krystalle zerfallen in zwei Classen. Fällt in der ersten Classe geradlinig polarisirtes Licht auf eine Platte, welche annähernd senkrecht zu einer optischen Axe liegt, so erblickt man, wenn die Polarisationsebene *P* des Polarisators parallel zur Ebene der optischen Axen steht, dunkle Büschel senkrecht zur Axenebene und dieser parallel ein helles Feld; steht die Ebene *P* senkrecht zur Ebene der optischen Axen, so hat man dunkle Büschel sowohl parallel als senkrecht zu dieser und die Axe selbst wird durch einen dunklen Fleck markirt. — In diese Classe gehört, wie schon Haidinger fand, der Andalusit, nach Liebisch auch Anomit (von Nertschinsk), Vivianit, Kobaltblüthe, basaltische Hornblende (aus böhmischen Basalttuffen) und Titanit.

In der zweiten Classe (Cordierit, Epidot, Muscovit) zeigen Platten von derselben Orientirung bei Parallelismus der Axenebene mit *P* des Polarisators dunkle Büschel sowohl parallel als senkrecht zur Ebene der optischen Axen, und hellen Axenfleck; steht die Ebene *P* senkrecht zur Axenebene, so hat man dunkle Büschel senkrecht zu dieser und helles Feld parallel derselben.

In den Krystallen der ersten Classe ist die Absorption am stärksten für die in der Axenebene schwingende Welle, in denen der zweiten ist sie am stärksten für die dazu senkrecht schwingende.

Entsprechende Erscheinungen der Absorption sind mikroskopisch in allen Schnitten, in denen Axenaustritt statt hat, um jede Axe wahrnehmbar.

Pleochroitische Höfe. Manche Mineralien, wie Andalusit, Cordierit, Muscovit, Biotit, Diopsid, Turmalin* u. A. zeigen die eigenthümliche Erscheinung, dass nur einzelne Stellen derselben und besonders die nächste Umgebung mikroskopischer Einschlüsse in denselben einen auffallenden Pleochroismus besitzen, so zwar, dass in der einen Dunkelstellung nach Abnahme des Analysators lebhaft gefärbte Höfe um die mikroskopischen Interpositionen vorhanden sind, welche nach einer Drehung des Präparats um 90° mehr oder weniger vollständig verschwinden. Im Cordierit** und Andalusit sind diese Höfe schön gelb und rühren von einer localen Anhäufung eines organischen Pigmentes her, nach dessen Vertreibung durch Glühen die Erscheinung verschwindet. A. Michel-Lévy*** und H. Gylling† fanden, dass auch sehr starkes Glühen von Biotitlamellen, welche diese Höfe zeigen, die Erscheinung nicht zerstöre, dass sie dagegen durch Behandlung des Biotits mit Salzsäure verschwinde, und ersterer schloss daraus, dass bei dem Biotit das Phänomen nicht durch intermolekulare Einlagerung eines organischen Pigmentes, sondern durch einen local grösseren Gehalt an eisenreichen Molekülen bedingt sei. Gegen diese Erklärung spricht einmal das Gebundensein des Phänomens an die nächste Umgebung der Einschlüsse, dann auch die Thatsache, dass die Höfe stets rundlich sind, während man eine krystallographische Abgrenzung erwarten müsste, wenn das Phänomen an eine isomorphe Schichtung gebunden wäre. E. Cohen†† wies an Granitporphyren und an Gneissen von Urbeis im Unter-Elsass nach, dass bei einer Behandlung der Biotite dieser Gesteine mit verdünnter Salzsäure bis zur vollständigen Bleichung die darin vorhandenen

* H. Traube, Ueber pleochroitische Höfe in Turmalin. L. J. 1890. I. 186.

** H. Rosenbusch, Die Steiger Schiefer und ihre Contactzone an den Granititen von Bar-Andlau und Hohwald. Strassburg. 1877. pg. 221.

*** Sur les noyaux à polychroisme intense du mica noir. C. R. 1882. XCIV. 1196.

† Några ord om Rutil och Zirkon med särskild hänsyn till deras sammanväxning med Glimmer. G. F. F. 1882. VI. 167.

†† E. Cohen, Ueber pleochroitische Höfe im Biotit. L. J. 1888. I. 165—169.

pleochroitischen Höfe erhalten blieben. Sie verschwanden erst mit mehr oder weniger vollständiger Zerstörung des Wirthes durch concentrirtere Salzsäure. Er wies ferner nach, dass durch Glühen die frischen Biotite ihre pleochroitischen Höfe ebensowenig zu verlieren schienen, wie die künstlich gebleichten, weil sie — wohl in Folge des Ausscheidens von Eisenoxyden — braun und undurchsichtig wurden, ehe die Höfe verschwanden. Wurden aber solche Schliffe dann wieder mit verdünnter Salzsäure behandelt, bis sie wieder durchsichtig wurden, so waren die pleochroitischen Höfe trotz noch recht kräftiger Färbung des Biotits vollständig verschwunden. Damit ist der Einwurf von Michel-Lévy gegen die organische Natur des die Höfe erzeugenden Pigments auch experimentell widerlegt.

Mit Recht weist Cohen darauf hin, dass diese zierliche Erscheinung sich keineswegs gleichmässig um alle mikroskopischen Interpositionen der Wirthe findet. Es sind besonders die Zirkon-, Topas-, Pleonast-, Rutil- und Cassiterit-Mikrolithe, sowie Erze (Magnetkies besonders), um welche herum sie auftreten, ausserordentlich selten und dann meistens schwach um Apatit.

Michel-Lévy* giebt an, dass innerhalb der pleochroitischen Höfe die Doppelbrechung der Wirthe bald vermindert, bald gesteigert sei und erst mit der Entfernung der Höfe durch Glühen ihren normalen Werth wieder annehmen.

Künstlich erzeugter Pleochroismus in Krystallen. Da der Pleochroismus sich anscheinend nur bei farbigen oder gefärbten Krystallen, nicht bei wasserhellen findet, so kam Sénarmont** auf den Gedanken, ob es nicht möglich sei, durch eine künstliche Färbung den farblosen Krystallen die Fähigkeit der farbigen Absorption zu ertheilen. Er liess zu diesem Zweck salpetersauren Strontian aus einer Lösung, die mit Campeche-Aufguss gefärbt war, krystallisiren und die erhaltenen Krystalle waren deutlich pleochroitisch. Dieselben zeigten auch die Polarisationsbüschel, wenn man sie in der Richtung einer optischen Axe durchblickte. Man erhält von demselben Salze sehr schöne und pleochroitische Krystalle, wenn man sie aus heiss übersättigter Lösung krystallisiren lässt, die mit Fuchsin versetzt wurde. Leider halten sich die Krystalle des wasserhaltigen klinorhombischen Strontiumnitrats nur

* A. Michel-Lévy, Propriétés optiques des auréoles polychroïques. C. R. 23 déc. 1889.

** C. R. XXXVIII. 101; — Pogg. Ann. 1854. XCI. 491.

in ihrer Mutterlauge; an der Luft werden sie durch Wasserverlust sehr rasch trübe. Das wasserfreie Salz krystallisirt regulär.

Bořicky* beobachtete, dass man durch Glühen manche in den Gesteinen auftretende Mineralien (Olivin, Bronzit, Cordierit), welche im ungeglühten Zustande keinen oder nur schwachen Pleochroismus wahrnehmen liessen, deutlich bis stark pleochroitisch machen kann. Er erzielte die besten Resultate, wenn die Substanz (als Dünnschliff) auf einem Platinblech 1.5—2 Minuten einer lebhaften Rothgluth ausgesetzt wurden. Nicht selten findet man den Olivin in den Gesteinen der Melaphyr- und Basaltreihe roth gefärbt durch mehr oder weniger fortgeschrittene Ausscheidung von Fe_2O_3. Es ist damit nicht immer, aber doch bisweilen gleichfalls deutlicher Pleochroismus verbunden.

* E. Bořicky, Elemente einer neuen chemisch-mikroskopischen Mineral- und Gesteinsanalyse. Prag. 1877. pg. 49—51.

J. Thoulet, Triage mécanique des éléments minéraux contenus dans les roches. B. S. M. 1880. III. 100.

Contributions à l'étude des propriétés physiques et chimiques des minéraux microscopiques. Inaug.-Diss. Paris. 1880.

M. Websky, Die Mineralspecies nach den für das specifische Gewicht derselben angenommenen und gefundenen Werthen. Breslau. 1868.

L. van Werveke, Ueber Regeneration der Quecksilberjodidlösung und über einen einfachen Apparat zur mechanischen Trennung mittelst dieser Lösung. L. J. 1883. II. 86.

Die chemische Untersuchung der Mineralcomponenten eines Gesteins hat nicht nur die Bedeutung, eine auf optischem Wege gewonnene Diagnose zu bestätigen, sie wird vielmehr in zahlreichen Fällen nothwendig, um innerhalb einer Familie die speciell vorliegende Species zu bestimmen oder ganz an die Stelle der im einzelnen Falle, bei undurchsichtigen oder regulären Mineralien, unzulänglichen optischen Bestimmung zu treten. In der Natur der mikroskopischen Untersuchungen liegt es, dass die bei der Mineralanalyse gebräuchlichen chemischen Methoden sehr oft nicht verwendbar erscheinen. Die geringen Mengen, mit denen man genöthigt ist, die Reactionen anzustellen, erfordern eine ungewöhnliche Schärfe; die Unmöglichkeit, farblose und amorphe Niederschläge mikroskopisch zu unterscheiden, bedingt es, dass nur solche Reactionen benutzt werden können, bei welchen charakteristische deutliche Färbungen oder leicht erkennbare Krystallisationen auftreten. Im Allgemeinen werden diejenigen Methoden den Vorzug verdienen, bei denen Krystallisationen erzielt werden, welche möglichst unabhängig von den Mengenverhältnissen der zur Wechselwirkung gelangenden Substanzen und von den physikalischen Verhältnissen sind, unter denen der Versuch stattfindet.

Die im Folgenden angegebenen Reactionen lassen sich wohl ausnahmslos mit leicht zu beschaffenden Hülfsmitteln und unter Benutzung der gewöhnlichen Mikroskope ausführen. Es wurde desshalb davon Abstand genommen, das von O. Lehmann* bei seinen krystallogenetischen Untersuchungen benutzte Mikroskop zu beschreiben. Ebenso sei für das von J. Thoulet** angegebene Microscope à distance auf die Abhandlung dieses Autors verwiesen.

* O. Lehmann, Ueber Krystallanalyse. Annal. d. Phys. u. Chem. N. F. XIII. 506—522. 1881.

** J. Thoulet, Contributions à l'étude des propriétés physiques et chimiques des minéraux microscopiques. Paris. 1880. pg. 64—66.

Man kann die chemische Prüfung am Dünnschliff selbst oder an den aus dem Gestein auf mechanischem Wege isolirten Mineralgemengtheilen vornehmen. Im ersten Falle ist es oft störend, dass Unsicherheit darüber entstehen kann, welcher der Gemengtheile mit dem angewandten Reagens in Wechselwirkung trat; doch lässt sich dieser Nachtheil vielfach ganz, immer sehr nahezu beseitigen. Andererseits lassen sich gewisse Reactionen kaum anders als am Dünnschliff vornehmen und so wird sich die Prüfung des isolirten Pulvers mit derjenigen des Schliffs ergänzend combiniren müssen.

Chemische Untersuchung an Dünnschliffen.

Präparate, welche man von vornherein zu chemischen Untersuchungen bestimmt, wird man unbedeckt lassen und dann empfiehlt es sich, die Oberfläche derselben nicht zu poliren, weil so die Angriffsoberfläche grösser, also der chemische Eingriff energischer sein wird. Soll nicht das ganze Präparat, sondern nur ein Theil desselben geprüft werden, so trennt man diesen durch einen ringförmig aufgetragenen Faden zähflüssigen Canadabalsams ab, über welchen hinaus der mit einer Capillarpipette zugeführte Tropfen des Reagens sich nicht ausbreiten kann. — Soll ein schon bedecktes Präparat zur chemischen Untersuchung verwendet werden, so erweicht man durch Erwärmung den Canadabalsam, entfernt das Deckglas und wäscht den Canadabalsam mit einem in Spiritus oder Aether getauchten Pinsel ab. Ist nur ein Theil des Präparats zur Prüfung bestimmt, so schneidet man die diesen Theil bedeckende Fläche des Deckgläschens mit einem Schneidediamant vorsichtig an, erwärmt den Canadabalsam bis zum beginnenden Kochen, hebt mit einer Probirnadel den losgeschnittenen Theil des Gläschens ab und entfernt den Canadabalsam in derselben Weise. — Ist das zu untersuchende Theilchen im Präparat sehr klein und soll das Reagens dennoch nur dieses Theilchen angreifen, so verfährt man in folgender Weise. Das Deckgläschen wird, wie angegeben, gänzlich vom Schliffe entfernt, die bedeckende Schicht von Canadabalsam gelassen, alsdann unter dem Mikroskop mit einer feinen Präparirnadel an der Stelle die dünne Canadabalsamschicht abgestochert, wo das Reagens einwirken soll. Besser noch betupft man unter dem Mikroskop die zu behandelnde kleine Stelle mit irgend einem Pigment und präparirt dann bei unbewaffnetem Auge oder mit der Loupe die bezeichnete Stelle frei, indem man zunächst mit der heiss gemachten Spitze einer Präparirnadel den Balsam

abkratzt, dann mit einem feinen Pinsel, der in Aether oder Alkohol getaucht wurde, den letzten Rest löst und schliesslich mit einem feuchten Leinenstückchen abwischt. A. Streng empfahl früher ein complicirteres Verfahren, wonach über die vom Deckgläschen befreite, aber noch mit dem Canadabalsam bedeckte Schicht ein neues mit einer feinen trichterförmigen Durchbohrung versehenes Deckgläschen gelegt wird. Dieses verschiebt man unter dem Mikroskop so lange, bis die feine Oeffnung genau über dem zu untersuchenden Theile des Präparats liegt. Nun erwärmt man das Präparat leicht bis zum beginnenden Schmelzen des Canadabalsams, drückt das Deckgläschen fest und entfernt aus und unter der Oeffnung in demselben den Canadabalsam mit einem in Aether oder Spiritus getauchten Pinsel. Das Reagens wird alsdann in die Oeffnung eingeführt und kann nun keinen andern Theil des Präparats angreifen, als die kleine entblösste Stelle. Die zu dieser Operation nothwendigen Deckgläschen erhält man dadurch, dass man gewöhnliche Deckgläschen mit Wachs überzieht, an der gewünschten Stelle das Wachs in einem 0.5—1 mm Durchmesser haltenden Kreise wegkratzt und auf die freie Stelle Flusssäure so lange wirken lässt, bis diese das Gläschen durchgefressen hat. Man thut gut, derartige Gläschen in grösserer Anzahl vorräthig zu halten. Sollen Säuren zur Verwendung kommen, welche Glas angreifen, so wird statt des durchbohrten Deckgläschens ein durchbohrtes dünnes Platinblech benützt. — Beabsichtigt man, auf einen Dünnschliff heisse Salzsäure oder Schwefelsäure einwirken zu lassen, so muss er vollständig vom Glase abgelöst und der Canadabalsam beiderseitig mit Aether und Alkohol gänzlich entfernt werden. Dasselbe Verfahren greift Platz, wenn ein Dünnschliff geglüht werden soll.

Die Behandlung eines Dünnschliffs mit schwächeren oder stärkeren Säuren hat gemeiniglich den Zweck, leicht lösliche Gemengtheile zu erkennen oder zu entfernen, gelatinirende Silikate von nicht gelatinirenden zu unterscheiden, auf den angegriffenen Oberflächen in Säure löslicher oder gelatinirender Substanzen durch Einwirkung von Reagentien oder pigmentirenden Lösungen Krystallisationen oder Färbungen hervorzurufen, oder endlich Aetzfiguren auf Mineralien hervorzubringen.

In Säuren lösliche Substanzen: Zu den mehr oder weniger leicht löslichen, in Gesteinen verbreiteten Mineralien gehören die Carbonate, die Phosphate und manche Eisenerze. Bei der Auflösung der Carbonate, von denen Calcit schon in Essig-

säure*, andere in kalter, wieder andere erst in heisser Salzsäure löslich werden, tritt eine Effervescenz durch die gasförmig entweichende Kohlensäure ein, welche bei nicht zu geringer Menge der Carbonate der Beobachtung nicht entgehen wird. Sind jedoch die Partikel von Carbonaten sehr klein und nur vereinzelt in dem Präparat enthalten, dann wird die Entwicklung der Kohlensäure leicht übersehen. In solchen Fällen thut man gut, das Präparat mit etwas Wasser und einem Deckgläschen zu bedecken, und die zur Einwirkung bestimmte Säure in einem Tropfen auf den freien Theil des Objectglases zu bringen, so dass derselbe langsam mit dem Wasser über dem Schliff diffundiren kann. Bei schwachen Vergrösserungen beobachtet man dann die Bildung der Kohlensäurebläschen im Gesichtsfelde an allen Stellen, wo Carbonate liegen oder findet dieselben bei Verschiebung des Schliffs dort, wo sie sich bildeten, da das Deckglas das Platzen der Bläschen hindert. Muss der Schliff während der Operation erwärmt werden, so legt man denselben nicht direct auf den Objecttisch, sondern auf eine durchbohrte Kupferplatte, deren Durchbohrung über dem Diaphragma des Objecttisches liegt und welcher die nöthige Wärme durch Erhitzung zweier langzungenförmiger Fortsätze vermittelst Spiritusflammen oder Gasbrenner zugeführt wird. Die Basen, an welche die Kohlensäure gebunden war, finden sich in der Lösung, welche den Schliff bedeckt; hebt man diese mit engen Capillarglasröhrchen ab, welche man durch Ausziehen einer dünnen Glasröhre erhält, und bringt sie auf ein reines Objectglas, so kann man die Basen nach den gewöhnlichen Methoden der anorganischen Analyse oder durch später anzugebende Reactionen leicht nachweisen. Solche Capillarröhrchen halte man in grosser Zahl vorräthig und werfe dieselben stets nach einmaligem Gebrauche fort, da eine vollkommene Reinigung derselben sehr schwer und ihr Werth ein mini-

* Zur Unterscheidung der reinen und magnesiumarmen Calcite einerseits, der Dolomite und magnesiumreichen Calcite andererseits bedient sich G. Linck (Geognostisch-petrographische Beschreibung des Grauwackengebietes von Weiler bei Weissenburg. Inaug.-Diss. Strassburg i. Els. 1884. pg. 17) einer Lösung von phosphorsaurem Ammon in verdünnter Essigsäure. Schon bei einem Gehalt von 12—15 Procent $MgCO_3$ hört die Einwirkung der Essigsäure auf das Carbonat auf, weil sich dasselbe rasch mit einer Haut von Magnesiumphosphat überzieht. Linck stellte die von ihm benutzte Lösung dadurch her, dass 20 cc. officineller Phosphorsäure schwach mit Ammoniak übersättigt, mit ca. 30 cc. officineller Essigsäure gemischt und diese Mischung auf etwa 100 cc. mit destillirtem Wasser verdünnt wurde.

maler ist. In manchen Fällen thut man gut, die beabsichtigten Reactionen in der Capillarröhre selbst dadurch vorzunehmen, dass man an dem einen Ende derselben die zu untersuchende Lösung, an dem andern das Reagens eintreten und beide innerhalb des Röhrchens auf einander wirken lässt.

Eine Gasentwicklung kann auch bei der Auflösung mancher Sulfide eintreten; das sich bildende Gas ist alsdann Schwefelwasserstoff. Hat die Entwicklung unter dem Deckgläschen stattgefunden, so lässt sich dieses Gas durch die Färbung eines mit Bleiwasser befeuchteten Streifens Filtrirpapier nachweisen, den man in die den Schliff bedeckende Lösung taucht.

Ohne Gasentwicklung lösen sich in Mineralsäuren (man wendet vorwiegend Salzsäure an) gewisse Phosphate und die oxydischen Eisenerze und Manganerze. — Von den Phosphaten kommt in erster Linie der in den Gesteinen allgemein verbreitete Apatit in Betracht. War Apatit in dem Präparat vorhanden, so weist man die Phosphorsäure durch einen Zusatz von molybdänsaurem Ammoniak nach. Prüft man direct auf Apatit, so wird man besser nicht das Präparat mit Salzsäure behandeln, sondern sofort einen Tropfen des genannten Reagens, welches ja in Salpetersäure gelöst ist, anwenden. Man bringt nach vollzogener Einwirkung die Lösung auf ein reines Objectgläschen und es bilden sich dann bald, zumal bei schwacher Erwärmung in grosser Menge sehr kleine im durchfallenden Lichte grünliche, im auffallenden Lichte gelbliche, meist rhombendodekaëder-ähnliche Kryställchen, die bald einzeln, bald zu mehr oder weniger regelmässigen Gruppen vereinigt auftreten. (Taf. XII Fig. 6.) Enthält das Gestein von Säuren leicht angreifbare Silikate, so lässt sich die Phosphorsäure nicht in der angegebenen Weise bestimmen, da auch gelöste Kieselsäure mit dem molybdänsauren Ammoniak eine ähnliche Reaction giebt. Man muss dann die durch verdünnte Salpetersäure erhaltene Lösung auf einem Objectgläschen eindampfen und nach hinreichender Erwärmung, wodurch die Kieselsäure in die unlösliche Modification übergeht, wieder lösen und nun erst das Reagens zusetzen.

Von den oxydischen Eisenerzen löst sich wohl der Limonit am leichtesten, demnächst der Magnetit, schwerer schon der Eisenglanz und äusserst schwer der Ilmenit in Salzsäure. Die Lösung [illegible]r vollzieht sich im Dünnschliff wegen der geringeren Angriffsoberfläche langsamer, als im Pulver. Unlöslich oder doch nahezu un-

löslich ist das Chromeisen. Man wird sich daher der Behandlung eines Dünnschliffs mit Salzsäure vielfach bedienen können, um diese Eisenerze* zu unterscheiden, noch häufiger wird es nöthig, sie durch Säure zu entfernen, um Mineralien oder Structurverhältnisse wahrnehmen zu können, welche von ihnen verdeckt werden. Zumal bei porphyrischen Gesteinen und Thonschiefern, beziehungsweise Phylliten, stellt sich diese Nothwendigkeit oft ein.

Will man auf das Vorhandensein von gediegen Eisen in einem Präparat prüfen, so bedeckt man dasselbe mit etwas Kupfervitriollösung**, aus welchem sich bei Anwesenheit von metallischem Eisen auf diesem eine Haut von metallischem Kupfer niederschlägt. — A. von Lasaulx*** empfiehlt, um die Verwechslung mit Rostüberzügen zu vermeiden, die Anwendung der zur mechanischen Trennung der Mineralien benutzten Lösung von Cadmiumborowungstat, welche sich durch Reduction in der Umgebung von metallischem Eisen tief violblau färbt. Zink und Kupfer würden dieselbe Wirkung haben und dürfen also nicht zugegen sein.

Mit Säuren gelatinirende Substanzen im Dünnschliff. — Die Behandlung eines Dünnschliffs mit Säuren ist besonders zum Nachweis gelatinirender Silikate zu empfehlen. Das Verfahren regelt sich dabei nach dem Zwecke, welchen man verfolgt. Handelt es sich nur darum, die Gegenwart solcher Silikate, etwa aus der Familie des Olivin, des Nephelin, der Zeolithe, der basischeren Feldspathe, des Chlorits oder Serpentins darzuthun, so bedeckt man das sauber gereinigte Präparat mit einer dünnen Haut der zur Verwendung kommenden Säure; man breitet einen Tropfen desselben mit dem Finger oder einem Glasstabe flach über das Präparat aus. Ist die Flüssigkeitsschicht über dem Präparat zu dick, so breitet sich die entstehende Gelatine über das ganze Präparat aus und verleiht auch nicht gelatinirten Theilen desselben das Aussehen, als seien sie angegriffen. Hat die Säure, eventuell unter Erwärmung, hinreichend eingewirkt, so entfernt man dieselbe

* Besonders bei den so verbreiteten gesetzmässigen Verwachsungen von Ilmenit (Titaneisenglimmer) mit Magnetit kann man letzteren durch Behandlung mit HCl bequem entfernen und ersteren freilegen.

** A. E. Törnebohm, Ueber die Eisen-führenden Gesteine von Ovifak und Asuk in Grönland. Bihang till Svenska Vet. Akad. Handlingar V. No. 10. pg. 7. Stockholm 1878.

*** A. v. Lasaulx, Reaction zum Nachweis metallischen Eisens in Schlamm- und Staubmassen. Sitzungsber. d. niederrh. Ges. für Nat.- u. Heilk. Bonn. 4. Dec. 1882. XXXIX. pg. 212.

durch Abspülen des Präparats in Wasser, wenn nöthig unter Zusatz eines Tröpfchens Ammoniak, um den letzten Rest der Säure zu neutralisiren. Die Einwirkung soll, wenn irgend möglich, nur so lange dauern, bis sich eine ganz dünne Schicht Gelatine über den angegriffenen Substanzen gebildet hat, durch welche hindurch man noch die Polarisationserscheinungen des Minerals wahrnehmen kann; man wiederholt also besser einen Versuch mehrere Male, als dass man sofort zu kräftig einwirken lässt. Um die durchsichtige Gelatine besser zur Wahrnehmung zu bringen, bedeckt man das Präparat mit einem Tropfen Wasser, dem eine verdünnte wässrige Fuchsinlösung zugesetzt wurde, und lässt diese nicht allzu intensiv gefärbte Lösung längere Zeit über dem Präparat stehen. Dadurch imbibirt sich die Gelatinehaut mit dem Pigment und spült man nun wieder den Schliff im Wasser gut ab, so verschwindet die Färbung von allen Stellen, ausser denjenigen, wo eine Gelatination eingetreten war. Ueberzeugt man sich nun, dass die Säure nicht hinreichend eingewirkt hatte, so zerstört man das Fuchsin auf dem Präparat durch einen Tropfen Säure und wiederholt den Versuch. — Man kann sich natürlich jedes andern Färbemittels, welches von der Gelatine absorbirt wird, ebenso gut bedienen, wie einer wässrigen Fuchsinlösung. - In manchen Fällen empfiehlt es sich, den mit Säure behandelten und z. Th. gelatinirten Schliff mit einer Salzlösung, etwa eines Eisensalzes, zu bedecken und nachdem diese hinreichend in die Gelatine eingedrungen ist, wieder ein Reagens aufzutragen, durch welches eine Färbung oder Fällung in der imbibirten Salzlösung erzeugt wird (Ferrocyankalium oder Ammoniak). Zumal für Dauerpräparate ist dieses Verfahren vorzuziehen.

Will man zugleich die Basen nachweisen, welche in den gelatinirten Substanzen vorhanden waren, so lässt man die Säuren länger und kräftiger einwirken, hebt dann die Lösung mit Capillarpipetten ab, dampft sie auf einem Objectglase ein, um die gelöste Kieselsäure unlöslich zu machen, löst wieder in eventuell angesäuertem Wasser und prüft nach später mitzutheilenden Methoden. Das Präparat, welches geätzt wurde, wird alsdann nach Abnahme der Lösung behufs Tinction in der beschriebenen Weise behandelt.

Kommt es endlich darauf an, die gelatinirten Substanzen einfach zu entfernen (bei zeolithischer Zersetzung von Feldspathgesteinen, chloritischer und serpentinöser Umwandlung von Pyroxenen d Amphibolen u. s. w.), so zerstört man dieselben thunlichst voll-

ständig und spült zweckentsprechend mit einem kräftigen Wasserstrahl das Präparat ab, um die oft hartnäckig anhaftende Kieselgallerte fortzuwaschen. Man wird dadurch oft Mineralien blosslegen, deren Anwesenheit bei Betrachtung des nicht geätzten Schliffs kaum vermuthet wurde.

Fr. Becke* bediente sich der Flusssäure, um Quarz und Feldspath in dichtem Gemenge von sehr feinem Korn zu unterscheiden. Nach einer Einwirkung von wenigen Sekunden hat sich, während Quarz einfach gelöst wird, auf dem Feldspath eine Haut von amorphem Aluminiumkieselfluorid gebildet. Die Säure wird vorsichtig abgespült und das Präparat in ein Farbebad von Anilin, oder besser von sog. Baumwollblau gelegt. Hat sich die Imbibition vollzogen, so spült man besser nicht in Wasser ab, sondern legt das Präparat kurze Zeit in etwas mit Wasser verdünnten Alkohol, um das Pigment von den nicht gelatinirten Stellen des Schliffs zu entfernen. — Mit HFl bilden natürlich alle Alumosilikate gelatinöses Aluminiumkieselfluorid und man kann diese dadurch von thonerdefreien Silikaten unterscheiden. Doch ist nicht zu vergessen, dass auch Calciumkieselfluorid bisweilen amorph ist.

Krystall- und Niederschlagsreactionen auf dem Dünnschliff. — Als Beispiele, wie man die Dünnschliffoberfläche zu Krystall- und Niederschlagsreactionen benutzen kann, mögen die folgenden dienen. Die Calciumcarbonate, besonders Calcit schlagen aus Eisenchloridlösungen, mit denen man den Schliff bedeckt, rasch Eisenoxyd nieder, welches dann nach Zufügung von Schwefelammon den Calcit je nach der Dicke der Haut von FeS grün bis schwarz färbt. Dolomit, welcher viel langsamer von Säuren angegriffen wird, zeigt nach Lemberg**, der diese Reaction angab, bei gleicher Behandlung diese Färbung nicht, oder viel weniger intensiv, beziehungsweise erst nach längerer Behandlung. Derselbe Forscher benutzte die Fähigkeit des Calcits, aus kalten Lösungen von Aluminiumsalzen die Thonerde rasch und vollständig zu fällen, zur Unterscheidung von Dolomit, der das sehr viel langsamer thut. Fügt man der Aluminiumsalzlösung einen Farbstoff zu, so verbindet sich dieser mit der gefällten Thonerde zu einem sog. Lack. Benutzt

* Fr. Becke, Unterscheidung von Quarz und Feldspath in Dünnschliffen mittelst Färbung. T. M. P. M. 1888. X. 90 u. briefl. Mittheilung an den Verf. vom 18. April 1889.

** H. Lemberg, Op. cit., und Zur mikroskopischen Untersuchung von Calcit, Dolomit und Predazzit. Z. D. G. G. 1887. XXXIX. 489 u. 1888. XL. 357.

man die von Lemberg empfohlene Lösung von 4 Theilen trockenem $AlCl_3$ in 60 Theilen Wasser, die man mit 6 Theilen Blauholz (*Haematoxylon campechianum*) 25 Minuten unter Ersatz des beim Kochen verdampfenden Wassers heiss umgerührt hat, zum Befeuchten des Schliffs, so färbt sich der Calcit violett. — A. Sauer* unterschied die kalkreichen und kalkarmen oder kalkfreien Gieder der Sodalithgruppe durch das Vorhandensein reichlicher oder spärlicher oder durch das Fehlen von Gypsnadeln in der nach Behandlung mit HCl auf der Oberfläche dieser Mineralien erzeugten Gallerte, nachdem diese eingetrocknet war. — Man unterscheidet Sodalith und Analcim in Eläolithsyenit sehr leicht dadurch, dass man die Schliffoberfläche mit sehr verdünnter chlorfreier Salpetersäure oder Essigsäure befeuchtet. Beide Mineralien gelatiniren nach kürzester Zeit. Fügt man nun einen Tropfen verdünnten Bleinitrats oder Bleiacetats hinzu, so bedeckt sich die Oberfläche des Sodaliths mit den stark doppelbrechenden flachen Nadeln des Chlorbleies, während diese auf dem Analcim nicht entstehen**. — Solche und ähnliche Versuche lassen sich natürlich mannichfach variiren und vermehren.

Dass die Darstellung von Aetzfiguren bei der mikroskopischen Untersuchung von Mineralaggregaten und Gesteinen bisher so wenig Resultate gegeben hat, während diese Erforschungsmethode der chemischen Cohäsion seit Leydolt in der Hand der Krystallographen in den letzten Jahren, besonders durch Baumhauer's elegante Versuche, die wichtigsten Aufschlüsse über den Bau und die Ausbildungsform mancher der complicirtesten anorganischen Gebilde geliefert hat, erklärt sich durch die strenge Abhängigkeit der Symmetrie der Aetzfiguren von derjenigen der Krystallfläche, auf welcher sie erzeugt wurden. Da man nun bei Dünnschliffen von Mineralaggregaten und Gesteinen in vielen Fällen über die Lage der untersuchten Fläche am Krystall keine volle Sicherheit erhalten kann, überdiess noch nicht hinreichend festgestellt ist, wie weit künstlich angeschliffene Flächen sich analog den ihnen parallelen Krystallflächen verhalten, so ist die geringe Verwendung der Aetzfiguren bei petrographischen Untersuchungen leicht verständlich. Immerhin wird man sich oft mit Erfolg derselben bedienen, wenn es sich z. B. darum handelt, das Vorhandensein von Zwillings-

* A. Sauer, Untersuch. üb. phonol. Gest. der Canarischen Inseln. Zeitschr. f. d. ges. Naturw. Halle. 1876. XIII. 322.

** Fr. Graeff, Min.-petr. Untersuch. an Eläolithsyeniten der Serra de Tinguá. L. J. 1887. II. 230.

bildungen zu constatiren, das aus ihrer Erscheinungsform abgeleitete Gesetz zu prüfen, oder den Nachweis paralleler Verwachsung nahe verwandter, aber verschiedenen Krystallsystemen angehöriger Mineralien zu liefern. Zumal bei dem Studium der Mineralien der Pyroxen- und Amphibolfamilien erhält man durch die Aetzfiguren bisweilen Aufschluss, wenn andere Methoden im Stich lassen. — Ebenso bedient man sich derselben mit Erfolg bei den Untersuchungen über die Orientirung des optischen Elasticitätsellipsoides in den Mineralien der Glimmer-, Sprödglimmer- und Chloritreihe, wenn diesen die äussere Begrenzung fehlt. — In gewissen Fällen endlich geben die Aetzversuche Anhaltspunkte bei der Bestimmung sonst oft schwer zu unterscheidender Substanzen, wie z. B. Quarz und Cordierit, wenn keine Schnitte vorliegen, die eine sichere optische Bestimmung gestatten.

Man erhält die Aetzfiguren je nach der zur Untersuchung vorliegenden Substanz durch Anwendung von Essigsäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Flusssäure, Kieselflusssäure, beziehungsweise durch Gemenge dieser, oder durch kaustische Alkalien, die man je nach Umständen bei gewöhnlicher Temperatur oder in erhitztem, auch geschmolzenem Zustande einwirken lässt. Auch hier empfiehlt sich eine möglichst gelinde Einwirkung, wenn man scharfe und ihrer Form und Symmetrie nach wohl erkennbare Figuren erhalten will. In manchen Fällen ist es nöthig, die Präparate vom Objectglase loszulösen und dann natürlich beiderseits vom Canadabalsam zu reinigen. Nach Einwirkung des Reagens wird die geätzte Substanz vollkommen von den durch die Reaction entstandenen Verbindungen durch reichliches Waschen in Wasser oder Säuren befreit und das Präparat am besten in schwach lichtbrechenden Medien (Wasser) untersucht. Legt man dasselbe in stark lichtbrennende Medien ein, so wird man die vorhandenen Aetzfiguren gar leicht vollständig übersehen, wenn man nicht stark divergentes Licht durch das Präparat sendet, indem man die Condensatorlinse entsprechend senkt. In jedem Falle stelle man das Objectiv genau auf die Oberfläche des Präparats ein. — Bisweilen kann es gute Dienste thun, wenn man eine mit Aetzfiguren bedeckte Oberfläche, wie dieses Knop* bei der Untersuchung des Xanthophyllit der Schischimskischen Berge und ihrer sogenannten Diamanteinschlüsse that, mit staubförmigem schwarzem Kupferoxyd auf Fliesspapier einreibt,

* L. J. 1872. 785—794.

und dann wieder auf reinem Fliesspapier durch Reiben die an der Oberfläche haftenden Theilchen des Pigments entfernt, so dass nur die in die Vertiefungen der Aetzfiguren eingeriebenen Stäubchen bleiben und diese selbst nun besser sichtbar sind.

Die Formen der Aetzfiguren können bekanntlich auf einer und derselben Fläche desselben Minerals verschieden sein je nach dem angewandten Aetzmittel; nur der Grad ihrer Symmetrie scheint unabhängig von dem letzteren und seiner Concentration. Die schärfsten Aetzfiguren entstehen auf Krystall- und Spaltungsflächen: auf angeschliffenen Flächen pflegen sie nur bei guter Politur derselben einigermassen präcis und deutlich zu werden. Es hängt dieser Umstand wahrscheinlich mit der leichteren Angreifbarkeit der stets rauhen Schiffflächen gegenüber den glatten Spalt- und Krystallflächen zusammen.

Glühen von Dünnschliffen. — Man bedient sich dieses Verfahrens zum Nachweis wasserhaltiger Mineralien, kohliger Substanzen oder zur Erzeugung von Färbungen, welche für bestimmte Verbindungen charakteristisch sind.

Die meisten wasserhaltigen Mineralien, wie Zeolithe und Chlorite, werden durch starkes Glühen eines Dünnschliffs, in welchem sie vorkommen, trübe. Man verfährt so, dass man das Präparat vollständig von dem Objectglas loslöst, den Canadabalsam sorgfältigst mit Spiritus oder Aether abwäscht und dann dasselbe auf einem dünnen Platinblech in die Flamme bringt. Farblose, wasserhaltige Mineralien werden einfach trübe, farbige pflegen zugleich ihre Farben zu ändern, die chloritischen Substanzen werden bei hinreichendem Glühen rostbraun bis schwarz*. — Dass auch andere flüchtige Bestandtheile einer Verbindung durch Glühen derselben ausgeschieden und dadurch das Aussehen der Substanz verändert werden kann, ist selbstverständlich. Cohen** stützte darauf eine Methode, Cancrinit und Nephelin zu unterscheiden.

Ebenso wie durch feine Vertheilung von Eisenerzen, werden die Gesteinspräparate auch durch fein vertheilte kohlige Partikeln undurchsichtig. Man entfernt dieselben und unterscheidet sie zugleich von den Eisenerzen dadurch, dass man die Dünnschliffe glüht. Da nun diese kohligen Substanzen sehr oft mit Eisenerzen mechanisch gemengt sind, so thut man gut, die Präparate vor dem Glühen mit

* C. W. Gümbel, Die palaeolithischen Eruptivgesteine des Fichtelgebirges. München. 1874. pg. 2.

** L. J. 1883. II. -371-.

Salzsäure zu behandeln und wenn nöthig, diese Operation nach dem Glühen zu wiederholen, da dann oft erst Erztheilchen frei gelegt werden, welche vorher durch Einhüllung in Kohlesubstanz vor dem Angriff durch die Säure bewahrt wurden. Fein vertheilten Pyrit kann man nicht durch Salzsäure, wohl aber durch Salpetersäure wegätzen. Die Verbrennbarkeit kohliger Substanzen ist eine recht verschiedene. Dass sich Graphit in manchen Fällen auch durch anhaltendes starkes Glühen anscheinend nicht entfernen lässt, kann nur durch Verunreinigungen bedingt sein. Reiner Graphit verbrennt unschwer über dem Bunsen'schen Brenner*. Cohen empfiehlt alsdann das Glühen des Gesteinpulvers im Tiegel vor dem Gebläse.

Farblose eisenoxydulhaltige Silikate lassen sich durch Glühen roth bis rothbraun färben. C. W. C. Fuchs** beobachtet diese Eigenschaft wohl zuerst am Olivin. Pyroxene und Amphibole geben, zumal wenn sie vorher farblos oder schwach gefärbt waren, die gleiche Reaction. Der Olivin wird dabei bisweilen, der Amphibol wohl immer und oft ausserordentlich stark pleochroitisch. Bei letzterem sind die Farben und der Pleochroismus dieselben, welche man an dem Amphibol von Gesteinseinschlüssen in Laven und vulkanischen Auswürflingen wahrnimmt. Fuchs erklärte bereits die rothe Farbe mancher natürlicher Olivine auf ähnliche Weise. Die Erscheinung dürfte auf einer äusserst feinen Vertheilung des aus der Verbindung austretenden Eisenoxydes zurückzuführen sein.

Manche Turmaline werden nach A. Osann (l. c. S. 377) durch Glühen braunroth und verlieren ihren Pleochroismus. Letzteres findet auch bei Cordierit wohl statt.

Dass die Mineralien der Hauynreihe durch Glühen blau gefärbt werden können, wenn sie diese Farbe vorher nicht besassen, zeigte H. Vogelsang***. — A. Knop† erhielt dieselbe Reaction, wenn er Dünnschliffe mit Mineralien dieser Reihe in einem geschlossenen Platintiegel glühte, auf dessen Boden eine Messerspitze voll Schwefelblumen gestreut war, so dass die Schliffe sich also im Schwefeldampf befanden.

Farblose thonerdehaltige Mineralien färben sich blau, wenn man

* A. Osann, Mittheilungen d. Gr. bad. geol. Landesanstalt. 1891. II. 376.

** C. W. C. Fuchs, Ueber rothen Olivin. L. J. 1869. 577—578.

*** H. Vogelsang, Ueber die natürlichen Ultramarinverbindungen. Bonn. 1874. pg. 33.

† A. Knop, Ueber eine mikrochemische Reaction auf die Glieder der Hauynfamilie. L. J. 1875. 74—76.

das Präparat auf einem Platinblech mit stark verdünnter Kobaltsolution befeuchtet, sehr stark glüht (man bedeckt es mit einem Platindeckel, um die Temperatur zu erhöhen) und dann mit verdünnter Salzsäure digerirt. Die Reaction, welche zumal zur Unterscheidung des Sericit von ähnlich aussehenden Substanzen, wie Talk. wichtig ist, tritt oft erst nach mehrmaligem Glühen ein.

J. Lemberg* zeigte, dass man in einem Gemenge von Carbonaten und Brucit den letzteren Gemengtheil leicht und sicher dadurch nachweisen kann, dass man das bis zum Wasserverlust des Brucit erwärmte Präparat in eine Lösung von Silbernitrat taucht. Der Brucit färbt sich alsdann durch ausgefälltes Silberoxyd braun bis fast schwarz, während die Carbonate unverändert bleiben.

Ueber die mikroskopisch-chemische Behandlung der amorphen Mineralkohlen vergleiche man F. Schulze, Ueber das Vorkommen wohlerhaltener Cellulose in Braunkohle und Steinkohle, Monatsber. der k. Akad. d. Wiss. Berlin 1885. 676—678, und C. W. von Gümbel. Beiträge zur Kenntniss der Texturverhältnisse der Mineralkohlen. S. M. A. 1883. I. 113 sqq.

Mikrochemische Untersuchung loser Körner.

Herstellung des Beobachtungsmaterials. Um die Gemengtheile eines Mineralaggregates oder eines Gesteines in reinem Zustande zu untersuchen, bedarf es der Trennung und Abscheidung derselben aus dem Gemenge. Es gelingt eine solche Zerlegung eines Gemenges in seine Mineralcomponenten, also gewissermassen eine mechanische Analyse des Gemenges, nur in seltenen Fällen durch consequente Anwendung einer einzigen Methode; man muss vielmehr meistens mehrere Trennungsmethoden neben einander benutzen, die sich theils auf die verschiedene Eigenschwere der Gemengtheile, theils auf ihre verschiedene Angreifbarkeit durch chemische Reagentien, theils auf ihr Verhalten gegen stärkere und schwächere Magneten stützen.

Für alle diese Trennungen ist es Vorbedingung, das Gemenge in Pulverform zu bringen und dem Pulver nicht nur solche Dimensionen zu geben, dass jedes Körnchen oder doch ihre Mehrzahl homogen sei, d. h. nur aus einer Mineralart bestehe, sondern es muss auch die Korngrösse des zur Trennung bestimmten Pulvers eine thunlichst gleichmässige sein. Welche Korngrösse des Pulvers

* J. Lemberg, Ueber die Contactbildungen bei Predazzo. Z. D. G. G. 1872. XXIV. pg. 226—227.

man in einem gegebenen Falle zu wählen habe, hängt von der Korngrösse des Gemenges ab und als allgemeine Regel lässt sich nur der Satz aufstellen, dass die Trennung um so leichter und sicherer gelingen wird, je grösser das Korn des zu trennenden Pulvers ist. Je staubähnlicher das Pulver wird, um so langsamer und schwieriger wird die mechanische Trennung, um so leichter und bequemer die chemische. Sehr wünschenswerth ist es, dass die Körner womöglich ihre Krystallform, wenn sie eine solche besitzen, nicht einbüssen, sowie dass bei mangelnder Krystallform die Begrenzung derselben möglichst durch Spaltflächen gebildet werde.

Man erreicht die angedeuteten Zwecke am besten, wenn man das zunächst gröblich zerschlagene Gestein oder Aggregat in einem Metallmörser dadurch mehr und mehr zerkleinert, dass man die Stücke mit dem Klöpfel stampft, und das Reiben und Quetschen des Pulvers so viel thunlich meidet. Glaubt man annähernd die erforderliche Korngrösse erreicht zu haben, so bringt man das Pulver in ein grösseres Gefäss (Becherglas oder Porcellanschale) und spült mit Wasser das feine, einer späteren ferneren Trennung höchst hinderliche Mineralmehl, welches leicht im Wasser suspendirt bleibt, fort. Nur, wenn man absolut mikroskopische Gemengtheile chemisch isoliren will, wird man dieses Waschen des Pulvers unterlassen, oder jedenfalls das abgewaschene Mehl sammeln und mikroskopisch darauf prüfen, ob sich nicht das zu isolirende Mineral in demselben befinde. — Das gewaschene Pulver wird getrocknet und durch eine Reihe von feinen Drahtsieben von etwa 1 bis 0.2 qmm Maschenweite in Portionen von gleicher Korngrösse getrennt*. Man prüft diese mikroskopisch, um zu sehen, in welcher Portion die erforderliche Homogeneität der einzelnen Körner erreicht wurde; auf diese Korngrösse reducirt man alsdann das gesammte, zur Verwendung bestimmte Pulver.

In welcher Reihenfolge an einem so vorbereiteten Pulver die fernere Trennung nach specifischem Gewicht, durch Magnete oder durch chemische Angriffe bewirkt werden muss, wird durch die im einzelnen Falle vorliegende Aufgabe bedingt sein.

Trennung nach specifischem Gewicht in strömendem

* Solche Siebe erhält man zu 8 Mk. in einem Satz von fünf Sieben als „Metallsiebe zum Diatomaceenschlämmen“ von Dr. Ed. Kaiser, Institut für Mikroskopie, Berlin NW., Albrechtstr. 18. Man reinige sie nach Gebrauch von den eingeklemmten Körnchen vermittelst einer harten Bürste oder einer Nadel. Auch Gaze und Beuteltuch können bei sehr feinem Pulver vortheilhaft verwendet werden.

Wasser. Die Sonderung eines gleichkörnigen Gemenges verschiedener Mineralien durch das mechanische Moment eines Wasserstromes ist mit irgend welcher Exactheit nicht auszuführen; die Trennung vollzieht sich ganz überwiegend nach der Korngrösse und der Form der Fragmente, so dass Blättchen leichter bewegt werden, als Körner, und nicht nach dem specifischen Gewicht, selbst dann nicht, wenn dieses bei den Componenten des Gemenges ein sehr verschiedenes ist. Man wird diese Methode also nur in einzelnen bestimmten Fällen, z. B. bei Abscheidung von Glimmermineralien mit Vortheil anwenden und bedient sich dann eines Apparates, wie ihn Fig. 81 darstellt. Auf dem conisch verjüngten unteren Ende des 60—80 cm langen, 2 cm im Lichten weiten Glascylinders *c* ist ein durch den Quetschhahn *h* geschlossener Kautschukschlauch geschoben. Oben wird der Cylinder durch den doppelt durchbohrten Kork *k* geschlossen, durch welchen das gebogene Glasrohr *r* bis in den verjüngten Theil des Cylinders ragt, während die Glasröhre *a* nur wenige Centimeter unter den Kork hinabgeht. Das Pulver wird in den Cylinder eingetragen, dieser alsdann durch den Kork *K* mit seinen Röhren geschlossen und die Röhre *r* durch einen Kautschukschlauch bei *W* mit der Wasserleitung in Verbindung gesetzt. Der durch *r* eintretende Wasserstrom wird zweckentsprechend regulirt und die durch denselben aufgewirbelten Gemengtheile des am Boden des Cylinders befindlichen Pulvers treten durch *a* aus und werden in einem Becherglase aufgefangen. Nach vollendeter Scheidung lässt man den nicht übergespülten Theil des Pulvers durch den Schlauch am unteren Ende, nach Oeffnung des Quetschhahns *h* austreten.

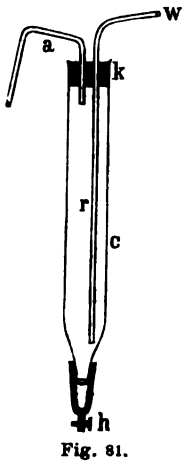


Fig. 81.

Um rasch aus einem Pulver oder aus natürlichem Schutt, Gruss, Sand u. s. w. die weit verbreiteten, selteneren und specifisch schweren Mineralien (Zirkon, Rutil, Anatas, Brookit, Erze, Turmalin, Monazit etc.) abzuscheiden, schlägt H. Thürach* folgendes Verfahren mit Erfolg ein. Das gesiebte Pulver wird in einer gewöhnlichen Porcellanschale von mittlerer Grösse mit Wasser geschlämmt und

* H. Thürach, Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanmineralien in Gesteinen. Würzburg 1884. Verhdl. d. phys.-med. Ges. N. F. XVIII. No. 10. S. 204.

zunächst die thonigen, leicht schwebenden Theilchen abgespült. Zu dem mehr sandigen Rückstand setzt man die doppelte Menge Wasser und bringt ihn durch Schwenken der Schale auf kurze Zeit in schwebende Bewegung. Dabei senken sich die specifisch schwereren Theile nach unten. Neigt man nun die Schale nach der einen Seite, verlangsamt die Bewegung und giesst dabei das Wasser ab, so lässt sich die oberste Sandschicht mit der Hand abnehmen. Das Verfahren wird wiederholt, so oft es nöthig scheint. Den dann an den zu isolirenden schweren Partikeln sehr angereicherten Rückstand wäscht man mit reinem Wasser, schwenkt ihn nochmals, wobei der letzte Rückstand an leichtem Sand sich gewöhnlich gut absondert. Nach dem Eintrocknen kann dieser mit einer Feder weggenommen werden. — Teall* siebt das zu trennende Material in einem zweckentsprechend feinen Siebe unter Wasser in einer Porcellanschale. Durch das Sieb gehen nur die mikroskopischen Kryställchen der oben genannten Mineralien und der feine Staub, der sich dann leicht durch Schlämmen mit Wasser aufrühren und abgiessen lässt.

Wo es auf möglichst genaue Gewinnung nicht der specifisch schwersten, sondern gerade der leichtesten Theilchen von Sanden, Thonen, Lehmen, Löss u. dergl. ankommt, dürfte ein von Fr. Eichstädt** beschriebener Apparat gute Dienste thun. Der Schlämmkolben aus Glas *A* (Fig. 82) steht durch die Glasröhre *a* und das Kautschukrohr *a'* in Verbindung mit der Wasserleitung. Das Rohr *a* reicht bis fast auf den Boden des Kolbens, durch dessen Stöpsel eine zweite Glasröhre *b* etwa bis in die Mitte des Kolbens reicht, der ungefähr 1.5—2 Liter Wasser fassen kann. Das Kautschukrohr *b'* verbindet den Schlämmkolben *A* mit dem Kasten *B*, der aus Weissblech angefertigt ist. Die Grundfläche dieses Kastens hat die Form eines Vertikalschnitts durch einen Trichter. Der Kasten besteht eigentlich aus zwei Theilen: der parallelflächigen Rinne *B'* und dem dreieckigen Kasten *B*, dessen Seitenwände etwa unter 50°—52° zusammenstossen. Die ganze Länge des Kastens von der hinteren Wand der 1 cm breiten Rinne *B'* bis zur Vorderwand des Kastens *B* beträgt 60 cm; davon fallen 15 cm auf die Rinne *B'*, 45 auf den Kasten *B*. Die Breite des Kastens an der

* J. J. H. Teall, On the occurrence of rutile-needles in clays. Min. Mag 1887. VIII. 201.

** Fr. Eichstädt, Bidrag till kännedomen om Kaolinlerorna i Skåne. G. F i St. 1888. X. 83 sqq.

Vorderwand beträgt 43 cm, die Höhe 32 cm. Die Vorderwand des Kastens ist etwas niedriger als die Seitenwände, damit das Wasser gut überfliessen und durch eine Röhre bei *d* abgeleitet werden kann. Wichtig ist es, dass die niedrigere Vorderwand vollkommen horizontal abgeschnitten sei. Der Kasten *B* ist in Abständen von 11 cm durch drei Querwände von 7, 14 und 21 cm Höhe in 4 Theile getheilt; eine nur 2 cm hohe Querwand befindet sich überdiess dort, wo die Rinne *B'* in den Kasten *B* mündet. Die Rinne *B'* kann durch das Einlaufsrohr bei *c*, die Abtheilungen des Kastens durch die mit Pfropfen verschlossenen Oeffnungen *c'*, *c''*, *c'''*, *c''''* entleert werden. Soll der Apparat gebraucht werden, so füllt man zunächst den Kasten *B* und die Rinne *B'* mit Wasser; schüttelt den etwa

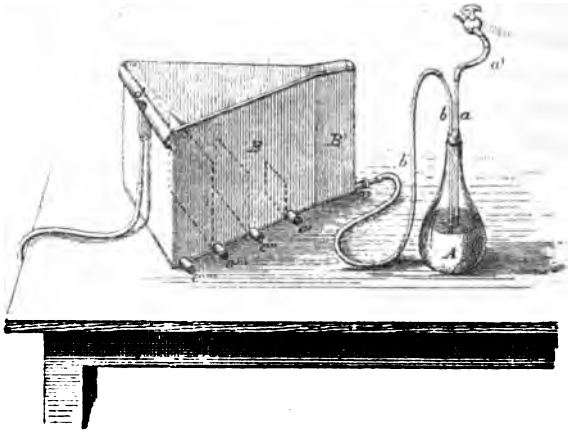


Fig. 82.

zur Hälfte mit Wasser gefüllten Schlämmkolben *A* des zu trennenden Sand-, Thon-, Lehm- u. s. w. Gemenges gut auf und lässt nun durch *a* den Strahl aus der Wasserleitung mit etwa solcher Geschwindigkeit eintreten, dass er in 10 Minuten ein Liter Wasser liefert. Die feinen Thontheilchen werden durch den Wasserstrom durch die Röhre *b* in die Rinne und den Kasten *B* geleitet, wo die Stromkraft fast bis auf Null sinkt. Am Boden der Rinne wird sich gröberes Material absetzen, während die feinsten Thon- und Glimmerblättchen nach Vollendung des Versuchs allmählig nach ihrer Grösse in den verschiedenen Abtheilungen des Kastens *B* zu Boden sinken werden. Hebt man dann mit einem Heber das Wasser im Kasten *B* ab, so kann man mit Hülfe eines kräftigen Wasser-

strahls den Bodensatz durch die Oeffnungen bei c', c'', c''' und c'''' in ein Gefäss spülen.

Trennung durch Scheideflüssigkeiten. Eine wirkliche Sonderung eines gemengten Pulvers nach dem specifischen Gewicht der Gemengtheile erhält man nur bei Anwendung solcher Flüssigkeiten, welche schwerer sind, als das Pulver, so dass dieses in der Flüssigkeit schwimmt, und welche durch Zusatz leichterer Flüssigkeiten in continuirlicher Weise verdünnt und specifisch leichter gemacht werden können. Es sind im Laufe der Zeit mehrere solcher Flüssigkeiten, die man Scheideflüssigkeiten nennen kann, aufgefunden worden. So schlug schon Graf Schaffgotsch* zu diesem Zwecke eine Lösung von Quecksilbernitrat vor. Die allgemeinste Verwendung finden jetzt wohl die sogenannte Thoulet'sche und Klein'sche Lösung und das Methylenjodid.

Als Thoulet'sche Lösung bezeichnet man eine zuerst von E. Sonstadt**, dann von Church*** vorgeschlagene, durch Thoulet's Versuche allgemeiner bekannt gewordene und von V. Goldschmidt in allen ihren Eigenschaften genauer untersuchte Kaliumquecksilberjodidlösung, deren Maximaldichte bei zweckentsprechender Darstellung nach V. Goldschmidt 3.196 beträgt, während sie Thoulet nur auf 2.77, Church auf 3.01 brachte. Man erhält diese Lösung nach Goldschmidt's Angabe mit dem höchsten specifischen Gewichte, wenn man ein Gemenge von Quecksilberjodid (Hydrargyrum bijodatum rubrum des Handels) mit Jodkalium im Verhältniss $HgJ_2 : KJ = 1.24 : 1$ in kaltem Wasser löst (etwa 500 gr der Salze auf 80 ccm Wasser) und diese Lösung auf dem Wasserbade bis zur Bildung einer krystallinen Haut auf der Oberfläche, oder bis zum Schwimmen eines Krystalls von Turmalin oder Flussspath (sp. G. = 3.1) eindampft. Nach dem Erkalten ist dann durch Contraction die Dichte der Lösung auf 3.196 gestiegen. Nach van Werveke's Beobachtungen schadet ein Ueberschuss von KJ nicht, ist vielmehr wünschenswerth; bei dem Eindampfen scheidet sich der grössere Theil dieses Ueberschusses ab. Nach dem Filtriren ist die Lösung mit gelbgrünlicher Farbe vollkommen durchsichtig. Die Lösung kann auch so dargestellt werden, dass man abwechselnd unter stetem Umrühren HgJ_2 und KJ in eine kleine Quantität Wasser einträgt, bis eine weitere Auflösung der eingetragenen

* Pogg. Ann. 1862. CXVI. pg. 279.

** Chemical News 1874. XXIX. 127.

*** Mineralogical Magazine. Nov. 1877

Salze nicht mehr stattfindet. So lange das Verhältniss der beiden Salze KJ und HgJ_2 das richtige ist, lässt sich die Lösung durch Wasserzusatz stetig verdünnen bis auf das sp. G. 1.0 und durch Eindampfen auf dem Wasserbade wieder auf das Maximum 3.196 bringen. Aendert sich aber das Verhältniss der Salze, so scheidet sich bei einem Ueberschuss von HgJ_2 ein gelbes wasserhaltiges Doppelsalz in Krystallnadeln, bei Ueberschuss von KJ diese Substanz in Würfeln aus. Die gleichen Ausscheidungen entstehen bei längerem Stehen der Lösung in trockener Luft. Bei längerem Gebrauch verliert die Lösung ihre grünliche Farbe und wird durch ausgeschiedenes Jod rothbraun. Man vermeidet diese Zersetzung oder führt die zersetzte Lösung in ihren ursprünglichen Zustand zurück, wenn man in dieselbe beim Eindampfen eine Quantität gediegen Quecksilber einträgt. Das freie Jod verbindet sich alsdann mit Quecksilber zu Quecksilberjodür, welches sich als feiner graugrüner Staub an das metallische Quecksilber ansetzt, und bewirkt, dass dieses beim Umrühren in feine, nur sehr schwer zusammenfliessende Kügelchen zerfällt; bei weiterem Eindampfen setzt sich $2HgJ$ um in HgJ_2 und Hg und das Quecksilberjodid verbindet sich wieder mit dem überschüssigen Kaliumjodid. — Die Lösung verändert sich an der Luft durch Abgabe und Aufnahme von Wasser und ändert damit ihre Dichte. Man muss also die Trennungen in der Lösung bei constanter Temperatur, oder in geschlossenen Gefässen, beziehungsweise mit thunlichster Beschleunigung vornehmen. Ihr sp. G. ist nahezu constant, wenn dasselbe annähernd = 3.01—3.1 beträgt; es wächst durch Wasserabgabe unter dieser Grenze und nimmt ab durch Wasseraufnahme über derselben. Man kann also die concentrirte Lösung an der Luft stehen lassen, ohne dass sie sich merklich ändere. Das Maximum der Veränderlichkeit hat sie bei dem sp. G. = 2—2.5.

Die Verdünnung der concentrirten Lösung auf ein bestimmtes niedrigeres specifisches Gewicht durch Wasserzusatz lässt sich wegen der hierbei stattfindenden Contraction nicht mit Sicherheit durch Einführung einer gemessenen Menge Wassers ausführen; es empfiehlt sich ein empirisches Verfahren, indem man in die Lösung ein Mineralstück von dem gewollten specifischen Gewicht (Indicator) wirft und nun sehr vorsichtig tropfenweise Wasser, oder bei geringer Differenz der vorhandenen und zu erreichenden Dichte besser eine verdünnte Lösung so lange zusetzt, bis der Indicator oder Schwimmer in der Lösung schwebt. Hat man zu stark ver-

dünnt, so hilft ein Zusatz concentrirterer Lösung dem Versehen ab. Man erkennt die Annäherung an den Gleichgewichtszustand von Lösung und Indicator daran, dass dieser sehr langsam steigt und sich dabei auf die hohe Kante stellt.

Da metallisches Eisen die Lösung unter Ausscheidung von Quecksilber zersetzt, so muss man etwaige Splitter, welche aus dem Mörser in das Pulver gerathen sein könnten, mit dem Magneten oder durch Säure entfernen, bevor man das Pulver mit der Lösung in Berührung bringt.

Die von D. Klein gefundene und nach ihm benannte Lösung ist diejenige eines Cadmiumborotungstates von der Formel $2H_2O$, 2CdO, Bo_2O_3, $9WoO_3 + 16$ aq. Man erhält dieses Salz dadurch, dass man reines wolframsaures Natron in dem fünffachen Gewicht Wasser löst, 1.5 Theile Bo_2O_3, $3H_2O$ hinzufügt und bis zu vollständiger Lösung kocht. Bei Erkaltung scheidet sich Borax aus; die Lösung wird abgegeben und durch vorsichtiges Kochen eingeengt. Bei dem Umrühren der erkalteten Lösung scheiden sich wieder Borax und Natronpolyborate aus; die Mutterlauge, welche durch beginnende Reduction violett gefärbt ist, wird abgegossen und die abgeschiedenen Krystalle von den anhängenden Resten der viscösen Mutterlauge gereinigt. Diese Operation wird so oft wiederholt, bis auf der Mutterlauge Glas schwimmt. Man hat alsdann eine Lösung von $4Na_2O$, $12WoO_3$, Bo_2O_3; zu dieser concentrirten und kochenden Lösung giesst man eine kochende und möglichst concentrirte Lösung von BaCl (1 Theil BaCl auf 3 Theile des ursprünglich angewandten Natronwolframiates). Es bildet sich ein reichlicher pulveriger Niederschlag und die Lösung gesteht zu einem weisslichen Brei. Man filtrirt unter Luftdruck und wäscht auf dem Filter aus. Alsdann wird der Brei in heissem, mit HCl angesäuertem Wasser (1HCl von sp. G. = 1.18 auf 10 Wasser) suspendirt, wobei der Niederschlag sich löst. Es wird in Gegenwart eines grossen Ueberschusses von HCl zur Trockniss eingedampft und dadurch Wolframsäurehydrat abgeschieden. Die trockene Masse wird mit kochendem Wasser aufgenommen und das Kochen unter zeitweiligem Wasserzusatz bis zu 2 Stunden fortgesetzt; darauf wird die Wolframsäure abfiltrirt. Aus der Lösung scheiden sich beim Concentriren schöne quadratische Krystalle (P . oP) von der Formel $9WoO_3$, Bo_2O_3, 2BaO, $2H_2O + 18$ aq ab. Dieselben werden durch mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigt und von etwa anhängenden Borsäureblättchen durch alkoholisches Wasser befreit. Die bisweilen

auftretende mattviolette Färbung der Krystalle rührt von einer beginnenden Reduction her und kann durch einige Tropfen Salpetersäure entfernt werden, ist übrigens unschädlich. Aus der kochenden Lösung dieser Krystalle erhält man durch Zusatz der entsprechenden Menge von Cadmiumsulfat das oben angegebene Cadmiumborotungstat durch Wechselzersetzung. Baryumsulfat wird abfiltrirt. — Das Cadmiumborotungstat löst sich bei 22° C. in weniger als dem 10. Theile seines Gewichts Wasser; aus dieser Lösung krystallisirt es beim Verdunsten im Vacuum und durch Abkühlung der vorsichtig auf dem Wasserbade eingedampften Lösung. Die Lösung dieser Krystalle von hellgelber Farbe hat bei 15° C. das specifische Gewicht 3.28. Dampft man die verdünnte Lösung des Cadmiumborotungstates auf dem Wasserbade ein, so verschwindet die etwa vorhandene violette Färbung, sobald das sp. G. 2.7 erreicht ist. Setzt man nun das Eindampfen fort bis zum Schwimmen eines Augitkrystalls auf der warmen Lösung, so erhält man durch Abkühlung Krystalle, die man in wenig Wasser löst, und eine Lösung. auf welcher Olivin fast schwimmt; durch Vereinigung beider Flüssigkeiten erreicht man eine Lösung vom sp. G. 3.3—3.36. Will man das höchst erreichbare sp. G. 3.6 erhalten, so muss man bis zum Schwimmen des Olivin auf der warmen Lösung eindampfen und dann 24 Stunden an kühlem Orte abkühlen lassen. Das Cadmiumborotungstat setzt sich dann in krystallinen Massen ab, welche aus verwachsenen rhombischen Individuen bestehen. Reinigt man diese durch Abtropfen möglichst von ihrer Mutterlauge und erhitzt sie in einer Röhre im Wasserbade, so schmelzen sie bei 75° C. in ihrem Krystallwasser und man erhält so eine ziemlich bewegliche Flüssigkeit, auf welcher Spinell schwimmt. Man kann diese Concentration auch direct durch Eindampfen der Lösung auf dem Wasserbade erreichen. Bei den höchsten specifischen Gewichten ist die Klein'sche Lösung ziemlich ölig und ihre praktische Verwendbarkeit zur Scheidung von Pulvern nach sp. G. ist dann eine sehr beschränkte: nur recht grobe Pulver lassen sich dann noch behandeln. Durch Eindampfen der verdünnten Lösung bis zur Bildung einer Krystallhaut und nachheriges Filtriren derselben erhält man leicht eine kalte Lösung vom sp. G. 3.36—3.365, welche allgemein verwendbar ist. Diese Lösung ist wie die Thoulet'sche in jedem Verhältniss ohne Zersetzung mit Wasser mischbar und kann stets wieder durch Eindampfen auf die Dichte 3.36 gebracht werden. Sie hat vor der Thoulet'schen Lösung den Vorzug der höheren Dichte und der

Unschädlichkeit, dagegen ist ihre Darstellung eine weit weniger einfache. — Die Lösung wird durch metallisches Eisen, Zink und Blei, sowie durch Carbonate zersetzt. Diese Substanzen müssen also gegebenen Falls durch Behandlung mit Säure aus dem Pulver entfernt werden, ehe dasselbe mit der Lösung in Berührung kommt. Durch Reductionsvorgänge dunkelt die KLEIN'sche Flüssigkeit öfters; man oxydirt und klärt sie dadurch leicht nach Angaben von L. VAN WERVEKE durch Zusatz einiger Tropfen einer Wasserstoffsuperoxydlösung.

C. ROHRBACH schlug die Verwendung einer Baryumquecksilberjodidlösung* vor, welche bei geeigneter Behandlung eine Maximaldichte von 3.588 erreicht und dabei recht leichtflüssig ist. Bei der Darstellung muss man wegen der leichten Zersetzbarkeit des BaJ_2 anfangs rasch verfahren. 100 Theile BaJ_2 und 130 Theile HgJ_2 werden rasch abgewogen und in einem trockenen Kochfläschchen gut durcheinander geschüttelt; darauf setzt man etwa 20 ccm destillirtes Wasser zu und bringt das Ganze in ein schon vorher auf 150—200° C. erhitztes Oelbad. Die rasche Auflösung und Bildung des Doppelsalzes wird durch stetes Umrühren mit einem krückenförmig gebogenen Glasstab thunlichst beschleunigt. Nach vollendeter Lösung der Salze lässt man noch kurze Zeit sieden und dampft dann in einer Porcellanschale auf dem Wasserbade ein, bis ein Sulzbacher Epidotkrystall oben schwimmt. Beim Erkalten scheidet sich nun eine kleine Quantität eines gelben Doppelsalzes aus, während die Lösung durch Contraction so schwer wird, dass Topas darauf schwimmt. Da die Lösung sich nicht gut filtriren lässt, so trennt man sie von den ausgeschiedenen Krystallen durch vorsichtiges Abgiessen nach mehrtägigem Stehen. Leider lässt sich die Lösung nicht mit Wasser verdünnen; sobald man dieses zusetzt, scheidet sich rothes HgJ_2 aus. In heisser Lösung kann man diese Ausscheidung fast ganz verhindern, wenn man mit HJ angesäuertes Wasser zugiebt. Besser ist es, eine verdünnte Lösung desselben Salzes zuzusetzen, welche man dadurch erhält, dass man der fast zum Sieden erhitzten concentrirten Lösung unter stetem Umrühren tropfenweise Wasser zugiesst oder dadurch, dass man in einem Glase über der concentrirten Lösung eine Schichte Wasser ausbreitet, worauf dann die Verdünnung durch Diffusion in 12—24

* Nach einer Angabe von A. ARZRUNI wurde diese Flüssigkeit bereits im Jahre 1879 von Prof. SUSCHIN in Petersburg dargestellt und von KARPINSKI verwendet; cf. Z. D. G. G. 1885. XXXVII. 869. Anmerk.

Stunden ohne Ausscheidung von HgJ_2 vor sich geht. Das Gesteinspulver muss stets ganz trocken eingetragen werden und beim Auswaschen nicht reines Wasser, sondern KJ-haltiges Wasser angewendet werden. Carbonate zersetzen die Lösung ebensowenig, wie Kohlensäure. Die ausserordentlich leichte Zersetzbarkeit dieser sonst so vorzüglichen Lösung durch Wasser steht ihrer allgemeinen Verwendbarkeit hindernd im Wege und beschränkt ihre Benutzung auf das empfindlichste. Man wird sich ihrer nur da bedienen, wo das specifische Gewicht der THOULET'schen und KLEIN'schen Lösung sich zu niedrig erweist und chemische oder magnetische Behandlung nicht zum Ziele führt.

Vor allen anderen Scheideflüssigkeiten hat das von R. BRAUNS untersuchte und empfohlene Jodmethylen CH_2J_2 den Vorzug grosser Leichtflüssigkeit, der Unveränderlichkeit in der Luft und des indifferenten Verhaltens gegen Metalle und Carbonate. Dasselbe ist käuflich von den chemischen Fabriken (TROMMSDORFF in Erfurt, mit dem Jodpreis wechselnd etwa 10 Mk. für 100 gr), zu beziehen und hat bei 16° C. das specifische Gewicht 3.3243. Dieses ändert sich bedeutend mit der Temperatur; die mittlere Dichtigkeitsabnahme für 1° C. beträgt etwa 0.0022, so dass die Dichte bei 5° C., der Erstarrungstemperatur des Methylenjodids = 3.3485, bei 25° = 3.3045 sein würde. Das Methylenjodid ist eine stark lichtbrechende, hellgelb gefärbte Flüssigkeit. Der Brechungsexponent beträgt bei 8° C. für Li 1.7346, für Na 1.7466, für Tl 1.7584 und nimmt für die angegebenen Wellenlängen mit 1° C. Temperaturzunahme um 0.00067, 0.00071 und 0.00073 ab. — Das Methylenjodid hat nur zwei Nachtheile, es kann nicht mit Wasser verdünnt werden und es bräunt sich durch Erwärmen und längeres Stehen am Sonnenlicht. Die Verdünnung geschieht mit Benzol oder weniger praktisch mit Xylol. Um die benutzte Flüssigkeit wieder auf das Dichtigkeitsmaximum von etwa 3.33 zu bringen, muss man das Benzol in offener Schale, event. unterstützt durch einen die Oberfläche streifenden, darüber hinweggeblasenen Luftstrom verdunsten lassen oder abdestilliren. Das bedingt einen weit grösseren Verlust an dieser kostspieligen Scheideflüssigkeit, als diess bei irgend einer andern der Fall ist. — Die Trübung des Jodmethylens beruht auf einer Ausscheidung von Jod; sie wird durch Schütteln mit Kalilauge, Auswaschen mit reinem Wasser, Trocknen durch hineingeworfene Stücke von Chlorcalcium und Filtriren beseitigt. Auch kann man die getrübte Flüssigkeit gefrieren lassen, wobei ein ganz dunkelbrauner Rest von Flüssigkeit übrig bleibt.

Diesen giesst man ab. Der erstarrte Theil hat nach der Schmelzung die ursprüngliche hellgelbe Farbe. — Die aufgeführten Nachtheile werden überreichlich aufgewogen durch die Leichtbeweglichkeit des Jodmethylens, welche noch die mechanische Trennung von so feinen Pulvern gestattet, wie sie der Behandlung mit THOULET'scher oder KLEIN'scher Lösung durchaus unzugänglich wären. Ausserdem reinigen sich die mit Methylenjodid getrennten Mineralpulver ausserordentlich leicht und rasch durch Waschen mit Benzol von der Scheideflüssigkeit, während nach der Behandlung mit Quecksilbersalzen die Pulver oft lange und wiederholt ausgekocht werden müssen.

Nach J. W. RETGERS lässt sich die Dichte der THOULET'schen und ROHRBACH'schen Flüssigkeiten durch Eintragen von Jod bei Erwärmung bis zur Sättigung noch merklich steigern. Beim Erkalten scheidet sich etwas festes Jod wieder aus, aber die abgegossenen Flüssigkeiten hatten das specifische Gewicht von etwa 3.3—3.4, beziehungsweise 3.6. Doch sind sie nicht nur recht zähflüssig, sondern auch undurchsichtig und also für den praktischen Gebrauch nicht geeignet.

Auch Jodmethylen lässt sich in ähnlicher Weise durch Eintragen von Jod in seiner Dichte steigern, ist aber gleichfalls undurchsichtig, wenn auch leichtbeweglich. — Eine grössere Verwendbarkeit scheint nach RETGERS einer Scheideflüssigkeit zuzukommen, die er dadurch erzielte, dass er Jodoform (CHJ_3) in Jodmethylen auflöste. In das Jodmethylen wird bei gelinder Erwärmung das gelbe Jodoformpulver eingetragen bis zur Sättigung. Nach dem Erkalten scheidet es sich theilweise wieder aus. Giesst man die darüberstehende Flüssigkeit, welche meistens durch theilweise Zersetzung des Jodoforms gebräunt ist, ab und reinigt sie durch Schütteln mit Kalilauge, so erhält man eine durchsichtige, tiefgelbe Flüssigkeit von der Dichte 3.456 bei 24° C. — Diese leichtbewegliche Flüssigkeit wird mit reinem (benzolfreien) Methylenjodid verdünnt.

Auch die Dichte dieser Flüssigkeit lässt sich durch Eintragen von Jod bis auf 3.60—3.65 steigern. Die Beweglichkeit ist noch immer eine bedeutende, aber die Durchsichtigkeit ist dann verloren gegangen.

R. BRÉON benutzte zur mechanischen Trennung von Mineralien deren sp. G. zwischen 2.4 und 5 liegt, ein Gemisch von Chlorblei und Chlorzink. Das erstere wiegt im geschmolzenen Zustande 5.0,

das zweite 2.4. Man erhält also je nach den relativen Mengen dieser Körper, die man anwendet, Schmelzen jeder zwischenliegenden Dichte. Man schmilzt das Gemenge in einem Proberöhrchen im Sandbade bis zur vollständigen Mischung der Schmelzen bei etwa 400° C., trägt alsdann das zu trennende Pulver in kleinen Portionen ein und rührt mit einem Platinstabe um. Sobald die schwereren Massen am Boden liegen, die leichteren schwimmen, lässt man ein wenig abkühlen und taucht das Röhrchen in kaltes Wasser. Man kann dann den Boden desselben leicht abbrechen oder abschlagen und löst den Kuchen in heissem Wasser unter Zusatz von etwas Salpetersäure auf. Ebenso verfährt man mit dem oberen Theile, wo sich die leichteren Mineralien finden. Das Verfahren giebt nur dann brauchbare Resultate, wenn die Korngrösse des Pulvers eine ziemlich bedeutende ist.

J. W. Retgers schlägt statt dessen die Benutzung von geschmolzenem Silbernitrat ($AgNO_3$) vor, dessen Schmelzpunkt bei 198° C. liegt, und dessen Schmelze die Dichte 4.1 hat; Korund (sp. G. = 3.9) und Cölestin (sp. G. = 4.0) schwimmen darauf, Rutil (sp. G. = 4.2) sinkt unter. Die Trennung geschieht am besten in kleinen Bechergläsern über offener Flamme, nöthigenfalls durch Drahtnetz geschützt. Das Schwimmende wird abgegossen oder mit einem Glaslöffelchen abgehoben. Die Schmelze lässt sich verdünnen durch Zusatz von Alkalinitraten KNO_3 oder $NaNO_3$.

Durch Eintragen von Jodsilber in eine warme concentrirte Lösung von Silbernitrat erhält man am Boden des Gefässes eine durchsichtig gelbe, ölartige Flüssigkeit, auf welcher die farblose wässrige Lösung schwimmt. Das Oel, welches man auch durch Zusammenschmelzen von trockenem Jodsilber und Silbernitrat erhalten kann, ist eine wasserfreie, nicht constante Verbindung von $2\,AgNO_3 + 3\,AgJ$. Braunit (sp. G. = 4.8) schwimmt darauf, Magnetit (sp. G. = 5.2) sinkt. Ihre Dichte ist also etwa = 5.0 und ihr niedriger Schmelzpunkt (65—70° C.) erlaubt noch die Behandlung auf dem Wasserbade. Ein Mittel zur Verdünnung dieser öligen Flüssigkeit kennt man noch nicht.

Die Gefässe, deren man sich zweckmässig zur mechanischen Trennung eines Gemenges bedient, sind dieselben, ob man die Thoulet'sche, Klein'sche, Rohrbach'sche Lösung oder Methylenjodid verwende. Thoulet bediente sich des Fig. 83 dargestellten Apparates. In die Röhre *A* werden etwa 60 ccm der Lösung gethan, nachdem die durchbohrten Hähne bei *C* und *D* geschlossen wurden,

und darauf etwa 1—2 gr des zu trennenden Pulvers von oben her langsam eingeschüttet. Man verschliesst die Röhre mit dem Stöpsel *E* und verbindet das Innere derselben durch einen bei *G* aufgeschobenen Kautschukschlauch mit einer Luftpumpe, um die Gasatmosphären von den Pulverkörnern zu entfernen. War das Pulver kurz vorher gut ausgekocht, so ist diese Operation nicht nöthig. Um eine gründliche Mischung des Pulvers mit der Lösung zu bewerkstelligen, sendet man durch Einblasen bei *G* durch die Röhre *B* und bei geöffnetem Hahn *C* einen continuirlichen Luftstrom durch die Flüssigkeit in *A*. Bei einiger Aufmerksamkeit gelingt es leicht, jedes Abfliessen der Lösung durch den geöffneten Hahn *C* zu vermeiden. Es fällt nun, nachdem man den Hahn *C* geschlossen hat, alles Pulver, welches schwerer ist, als die Lösung, nieder und setzt sich im unteren Theil der Röhre *A* ab. Man öffnet den Hahn *C* und lässt das Pulver rasch in den Raum zwischen *C* und *D* fallen. Dabei steigt ein Theil der Lösung natürlich in die Röhre *B*, die eine kugelförmige Erweiterung trägt. Ist das Pulver durchgelaufen, so schliesst man den Hahn *C*, taucht den Apparat mit dem Ende *H* in ein mit Wasser gefülltes Gefäss, öffnet den Hahn *D* und lässt das Pulver so in das untergesetzte Gefäss ablaufen. Um den Raum zwischen den beiden Hähnen und die Röhre *B* rein zu spülen, hebt man das Wasser durch Saugen bei *G* so hoch und so oft, als nöthig scheint. Die in dem Sammelgefäss, worin das abgeschiedene Pulver aufgefangen wurde, befindliche verdünnte Lösung wird abgegossen, das Pulver mehrere Male mit Wasser gut ausgewaschen, und auch dieses Waschwasser zu der abgegossenen Lösung gegossen, damit dieselbe filtrirt und eingedampft wieder zu der concentrirten Lösung zugefügt werden könne. Der hohe Preis der Lösungen nöthigt eben zur Vermeidung jeden Verlustes. Es wird nun in die Röhre *A* tropfenweise wieder so viel Wasser zugefügt, und durch einen Luftstrom in angegebener Weise mit der Lösung und dem Pulver gemischt, wie nöthig erscheint, um eine zweite Ausfällung des nächst schweren Pulvers zu erzielen: das ausfallende Pulver wird ebenso abgelassen,

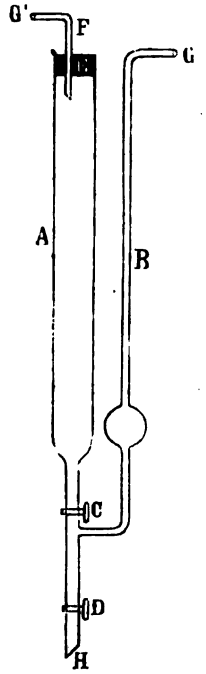


Fig. 83.

wie vorher und in dieser Weise die Operation fortgesetzt, bis die gesammte Pulvermenge in eine Anzahl Portionen von gleichem specifischen Gewicht getrennt wurde.

Der THOULET'sche Apparat hat manche Unbequemlichkeiten: abgesehen von seiner Zerbrechlichkeit, verstopft sich sehr leicht der enge Raum über dem Hahn *C* und es gelingt nicht, die beim Absetzen des ausfallenden Pulvers auf dem tellerartigen Theil der Röhre über *C* sich sammelnden Körner ablaufen zu lassen. Sie mischen sich also stets mit den später ausfallenden leichteren Pulvern. Ueberdies führt ein geringes Versehen in der Handhabung der Hähne *C* und *D* sofort zu Katastrophen. — GOLDSCHMIDT zieht es daher vor, die Trennung in Bechergläsern vorzunehmen; dieselben gestatten ein vollkommenes Umrühren des zu trennenden Pulvers mit der Lösung und eine tadellose Mischung dieser mit dem behufs Verdünnung zugesetzten Wasser. Die grössere Oberfläche und die dadurch bedingte geringere Mächtigkeit der Pulverschichte befördert nicht so sehr, wie der enge THOULET'sche Apparat ein der Trennung hinderliches Zusammenbacken verschieden specifisch schwerer Körner. Unbequem ist nur das Abscheiden der ausgefallenen Pulver von den schwimmenden. Man muss letztere mit der Lösung abgiessen und dann die ausgefallenen Mengen durch einen Wasserstrahl in ein reines Gefäss zum Zweck des Auswaschens überspülen. Hierbei ist eine Vermengung mit den an den Gefässwänden haftenden Körnern, welche vorher schwammen, schwer vermeidlich.

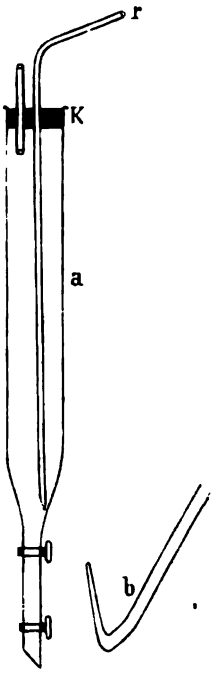


Fig. 84.

K. OEBBEKE vereinfachte den THOULET'schen Apparat in zweckentsprechender Weise, wie Fig. 84 zeigt. Die Mischung von Pulver und Lösung geschieht durch einen Luftstrom, welcher durch die bis auf den Boden reichende dünne, durch den Kork *K* gehende Röhre eingeblasen wird. Der Raum zwischen den beiden Hähnen wird vermittelst einer capillar ausgezogenen, umgebogenen Glasröhre *b* durch einen feinen Wasserstrahl ausgespült.

Der handlichste, solideste und bequemste Trennungsapparat ist

wohl der von T. Harada construirte, welchen Fig. 85 wiedergiebt. Ein aus dickem Glas gefertigtes, lang birnenförmiges Gefäss wird oben durch einen eingeschliffenen Glasstöpsel, an dem verjüngten unteren Ende durch einen Glashahn geschlossen. Lösung und Pulver werden von oben eingeführt, der Stöpsel aufgesetzt und die Mengung von Pulver und Lösung durch starkes Schütteln bewirkt. Sobald zwischen dem ausfallenden und schwebenden Pulver sich eine klare Flüssigkeitsschicht bildet, setzt man unter den Apparat ein kleines Spitzglas so, dass das untere Ende des Apparats fast den Boden des Spitzglases berührt und öffnet den Hahn *h*. Es fällt ein kleiner Theil der Lösung aus, nur wenige Tropfen, bis der Luftdruck die Flüssigkeitssäule trägt und die Trennung des schwereren Pulvers, welches in das Spitzglas *b* fällt, geht vollkommen automatisch vor sich. Man muss natürlich vermeiden, dass sich im engeren Theile des Apparats eine Luftblase einschiebe; ist dieses dennoch geschehen, so bringt man sie durch vorsichtiges Klopfen an dem Apparat zum Steigen. Hat alles ausfallende Pulver den Hahn *h* passirt, so schliesst man diesen, bringt eine Wasserschicht auf die Lösung im Spitzgläschen und hebt den Apparat so weit, dass die Spitze desselben nun in die Wasserschicht gelangt. Das Wasser steigt dann stürmisch bis zum Hahn *h* und lässt alles unterhalb befindliche Pulver in das Spitzgläschen fallen. Die weitere Verdünnung zum Zwecke einer zweiten u. s. w. Pulverabscheidung bewirkt man durch Zusatz einiger Tropfen von oben, oder besser dadurch, dass man den Apparat aus dem Spitzglas hebt, umkehrt und durch den geöffneten Hahn *h* die im engen Theil durch Wasserzutritt gebildete verdünnte Lösung in den birnenförmigen Theil des Apparats eintreten lässt. Die Mischung wird wieder durch Schütteln vollzogen und die Operation in der angegebenen Weise wiederholt. Solche Harada'sche Trennungsapparate liefert in beliebigen Dimensionen die Firma C. Desaga in Heidelberg, Hauptstrasse 60.

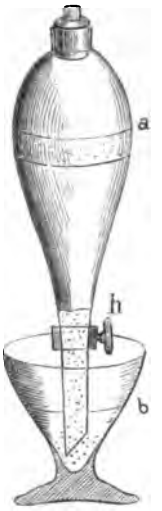


Fig. 85.

Dem Harada'schen Trennungsapparat haftet, wie allen, zumal den engeren und röhrenförmigen Apparaten, der Uebelstand an, dass das schwerere niederfallende Pulver einen gewissen Theil des leichteren schwebenden Pulvers mechanisch mit niederreisst und ebenso das leichtere Pulver einen Theil des schwereren mechanisch mit

sich hebt, sowie dass in dem Raum zwischen Pulver und Stöpsel in Folge des Schüttelns an den Gefässwänden ein gemengtes Pulver hängen bleibt, dessen schwerere Theile alle späteren, leichteren Fällungen verunreinigen. Diesem Uebelstande sucht C. W. Brögger durch eine glückliche Modification des Harada'schen Apparats abzuhelfen. Er brachte, wie Fig. 86 a zeigt, in der Mitte der Birne einen weiteren durchbohrten Hahnen an, dessen Durchbohrung dasselbe Lumen hat, wie der Apparat selbst. Fig. 86 a zeigt den Apparat nach der ersten Ausfällung des schwereren Pulvers s_1 bei geöffnetem mittleren Hahn *A*. Das über dem unteren Hahn *B* liegende Pulver s_1 ist durch einen Theil des leichteren Pulvers s_2'. das oben schwimmende leichtere Pulver s_2 durch einen Theil des

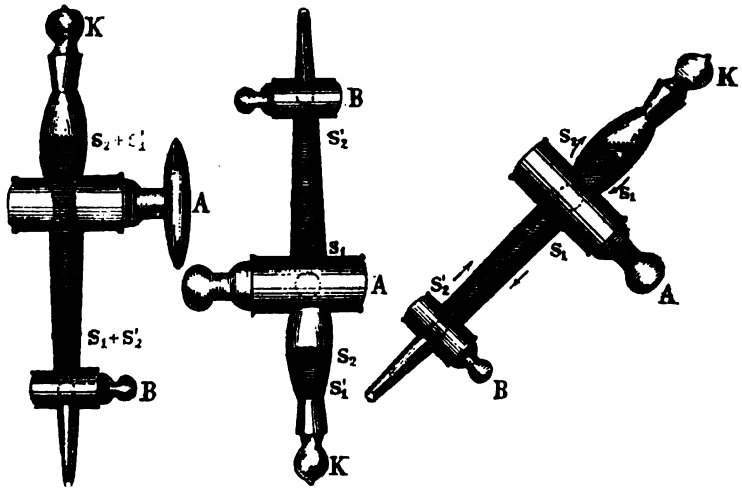


Fig. 86 a. Fig. 86 b. Fig. 86 c.

schwereren s_1' verunreinigt. Schliesst man den Hahn *A*, schüttelt kräftig und kehrt den Apparat um, so wird nach einiger Zeit eine Sonderung der in den beiden Theilräumen desselben vorhandenen Pulver sich vollziehen, welche Fig. 86 b darstellt. Neigt man nun den Apparat vorsichtig in die Stellung 86 c, so werden die in jedem Theilraum des Apparats befindlichen schwereren Pulver s_1 und s_1'. sowie die leichteren s_2 und s_2' die durch die Pfeile angedeutete Bewegung vollziehen, ohne sich zu mischen. Ist diese Bewegung so weit vollendet, dass sich s_2 unmittelbar unter, s_1 unmittelbar über dem Hahn *A* befindet, so öffnet man diesen vorsichtig und das Pulver s_2' gleitet an der oberen Wand des Apparats in dessen

oberen Theilraum, während s_1' ebenso entlang der unteren Wand in den unteren Theilraum gelangt. Hierauf schliesst man den Hahn A und die Trennung ist vollzogen, sobald durch den geöffneten Hahn B das gesammte Pulver s_1 und s_1' abgelaufen ist.

Der Apparat wurde für Brögger construirt von Fr. Müller, Geissler's Nachfolger in Bonn.

E. A. Wülfing* modificirte den Harada'schen Apparat noch weiter als Brögger. Ein elliptisch geformter, hohler Glasring (Fig. 87) ist an den Enden des grösseren Durchmessers mit Hähnen A und B versehen, die eine Verbindung oder Trennung der beiden Hälften gestatten; ihre Durchbohrungen haben genau die Weite der anschliessenden Rohrstücke. Zwei Oeffnungen mit Glasstopfen dienen zum Ein- und Ausgiessen der Scheideflüssigkeit und des zu trennen-

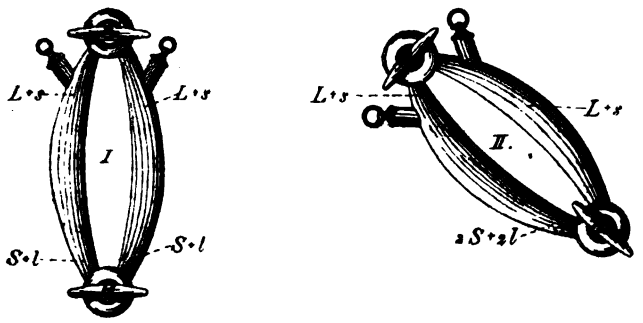


Fig. 87.

den Pulvers. Der Apparat wird mit etwa 30 cm Scheideflüssigkeit zu $^3/_4$ gefüllt und die Hähne so geöffnet, dass diese in beiden Schenkeln gleich hoch steht. Dann wird das Pulver in beide Schenkel eingetragen und geschüttelt, nachdem vorher die Hähne auf den Abschluss der Schenkel eingestellt sind. Bei der ersten, sich nun in der Stellung I vollziehenden Sonderung geht das leichtere Pulver mit wenig schwererem $(L+s)$ in beiden Schenkeln nach oben, das schwerere mit etwas leichterem $(S+l)$ nach unten. Nun wird der Hahn B geöffnet und der Apparat in die geneigte Stellung II gebracht. So vereinigt sich das Pulver $S+l$ des rechten Schenkels mit dem des linken, was man noch dadurch beschleunigt, dass man in dieser Stellung nun auch den Hahn A öffnet und unter Benutzung der Druckdifferenz die schwere Portion von rechts nach links wan-

* E. A. Wülfing, Beitrag zur Kenntniss des Kryokonit. L. J. B.-B. VII. 164. 1890.

dern lässt. Man lässt die Flüssigkeit im linken Schenkel dabei bis zum Hahn *A* steigen. Schliesst man nun den Hahn *B* und bringt den Apparat in die Stellung *I* zurück, so steht die Flüssigkeit im linken Schenkel höher, als im rechten. Dieser Ueberschuss lässt sich mit dem oben darin schwimmenden Pulver $L+s$ nun in den rechten Schenkel hinüberschütten. Sollte nicht alles Pulver $L+s$ in den rechten Schenkel gewandert sein, so schiebt man die Flüssigkeit noch einmal durch den geöffneten Hahn *B* in den linken Schenkel des Apparats bis zum Hahn *A* vor, schliesst *B* und giesst noch einmal über. Wird dann auch *A* geschlossen und der Apparat gut geschüttelt, so kann man nun die Trennung zum 2., 3., 4. Mal wiederholen.

Bei Benutzung des gewöhnlichen HARADA'schen oder jedes andern Trennungsapparates hilft man dem erwähnten Uebelstande dadurch ab, dass man die bei einer ersten Trennung erhaltenen Pulverportionen einzeln noch ein oder mehrere Male derselben Operation unterwirft.

Bei der Behandlung grösserer Mengen und zumal bei einer ersten Sonderung derselben kann man sich mit Vortheil nach VAN WERVEKE's Vorschlag eines gewöhnlichen Scheidetrichters bedienen, dessen durchbohrter Hahn nun nicht unmittelbar unter dem eigentlichen Trichter, sondern etwas tiefer in dem Fuss desselben angebracht ist (Fig. 88). Die Mengung geschieht vermittelst eines Glasstabes.

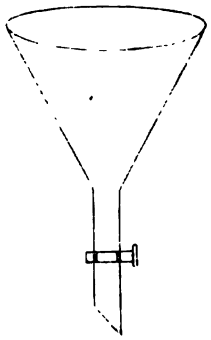


Fig. 88.

Die mechanischen Trennungen nach dem specifischen Gewicht würden nur sehr unvollkommene Resultate ergeben, wenn man nach und nach aufs Gerathewohl die Lösungen verdünnen wollte. Wirklich brauchbare und rasche Resultate erhält man nur, wenn die Bestimmung der zu trennenden Substanzen vorher auf optischem Wege vollzogen war und man also weiss, welches annähernd das specifische Gewicht der zu trennenden Substanzen ist. Die Dichten der petrographisch am weitesten verbreiteten Substanzen sind in einer Tabelle auf S. 258 zusammengestellt nach abnehmendem specifischem Gewicht.

Mah wird nun die Aufgabe lösen müssen, der Scheideflüssigkeit nach einander bestimmte Dichten zu geben, die zwischen den

specifischen Gewichten der zu trennenden Körper liegen. Man erreicht dieses entweder durch die Benutzung sogenannter Indicatoren oder Schwimmer, oder unter Verwendung einer Wage zur Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten, wie sie der Mechaniker G. Westphal in Celle, Prov. Hannover, sehr praktisch construirt hat. Als Indicatoren benutzt man Mineralstückchen, deren specifisches Gewicht man mit thunlichster Genauigkeit bestimmt hat, und welche man in grösserer Anzahl in Gläschen bereit hält. V. Goldschmidt hat eine solche Scala mit geeigneten Intervallen während seiner Arbeiten im mineralogisch-geologischen Institut der Universität Heidelberg zusammengestellt, aus welcher folgendes eine passende und den gewöhnlichen Zwecken genügende Auswahl ist.

Ordn.-Zahl.	Namen.	Fundort	sp. G.	Ordn.-Zahl.	Namen.	Fundort.	sp. G.
1.	Schwefel	Girgenti . . .	2.070	11.	Quarz	Middleville . .	2.650
2.	Hyalit	Waltsch . . .	2.160	12.	Labradorit	Labrador . . .	2.689
3.	Opal	Scheiba . . .	2.212	13.	Calcit	Rabenstein . .	2.715
4.	Natrolith	Brevig	2.246	14.	Dolomit	Muhrwinkel . .	2.733
5.	Pechstein	Meissen . . .	2.284	15.	Dolomit	Rauris	2.868
6.	Obsidian	Lipari	2.362	16.	Prehnit	Kilpatrick . . .	2.916
7.	Perlit	Ungarn	2.397	17.	Aragonit	Bilin	2.933
8.	Leucit	Vesuv	2.465	18.	Aktinolith	Zillerthal . . .	3.020
9.	Adular	St. Gotthard . .	2.570	19.	Andalusit	Bodenmais . .	3.125
10.	Elaeolith	Brevig	2.617	20.	Apatit	Ehrenfriedersdorf	3.18

Soll die Lösung genau das specifische Gewicht eines in der Scala befindlichen Indicators erhalten, so wirft man diesen in die Lösung ein und bringt durch Zusatz von Wasser oder verdünnter Lösung, beziehungsweise concentrirter Lösung, wobei man zur Erzielung gleichmässiger Mischung tüchtig schüttelt, den Indicator zum Schweben. Sobald derselbe an jeder Stelle in der Lösung verharrt, wohin man ihn bringt, ist die Lösung „eingestellt“ und hat genau die gewünschte Dichte. Liegt diese zwischen derjenigen von zwei Indicatoren der Scala, so wirft man beide in die Flüssigkeit und stellt dieselbe in angegebener Weise so ein, dass der schwerere langsam sinkt, der leichtere steigt. Nach dem Einstellen der Flüssigkeit hebt man die Indicatoren mit einem am unteren Ende löffelartig umgebogenen und verbreiterten Glasstabe heraus, damit dieselben die Trennung nicht hindern.

Die Westphal'sche Wage zur Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten eignet sich weniger zur Einstellung einer Flüssigkeit auf eine bestimmte Dichte, als zur Messung der Dichte von einer bestimmten vorhandenen Lösung. Man kann diese

Messung sehr bequem auch während einer Trennung vornehmen, wenn man sich eines Scheidetrichters bedient und nach Linck's* Angabe in den Trichter das Glasröhrchen Fig. 89 einsenkt; dasselbe ruht mit den drei seitlich angeschmolzenen Glasarmen auf dem Rande des Scheidetrichters und füllt sich durch das umgebogene Röhrchen bei *a* mit der Lösung, ohne dass das darin vorhandene Pulver eindringen könnte. Das Senkgläschen der Westphal'schen Wage wird dann in die Lösung innerhalb der Röhre *r* getaucht. — Die Westphal'sche Wage (Fig. 90) besteht aus dem bei *l* in einem Lager aufgehängten Wagebalken *f*, der nach hinten in eine Spitze *s* ausläuft, deren Stellung an einer Scala bei *a* abgelesen werden kann. Bei horizontaler Stellung des Balkens muss die Spitze *s* auf den Nullpunkt der Scala eingestellt sein. Der Balken *f*

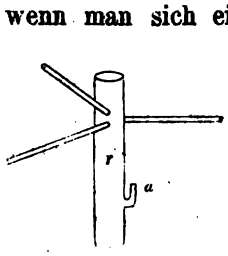


Fig. 89.

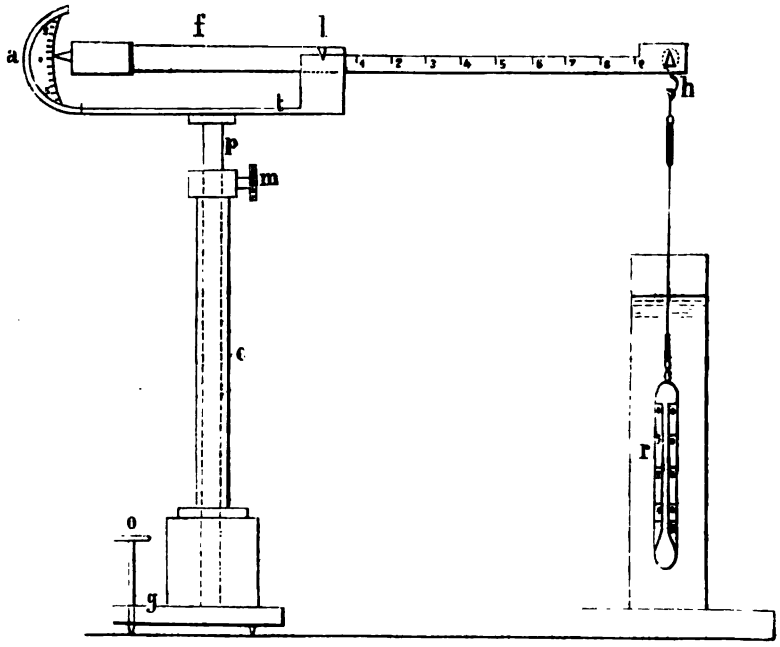


Fig. 90.

ist von seinem Aufhängepunkt bei *l* bis zum Häkchen *h* in 10 Theile getheilt. Der Träger *t* des Wagebalkens ist fest mit der Scala *a*

* G. Linck, Geognostisch-petrographische Beschreibung des Grauwackengebietes von Weiler bei Weissenburg. Strassburg i. E. 1884. Inaug.-Diss. pg. 41.

verbunden und senkt sich mit seinem Stiele p in den Hohlcylinder c, in welchem er vermittelst der Schraube m in jeder Höhe festgestellt werden kann. Dieser Hohlcylinder endet nach unten in einem massiven Fuss, mit welchem er auf dem kreisrunden Gestell g ruht, welches vermittelst der Schraube o in genau horizontale Lage gebracht werden kann. An dem Häkchen h wird das Senkrohr r angehängt, welches in die Flüssigkeit eintaucht. Die in Reiterform gearbeiteten Gewichte, vermittelst welcher dem Auftrieb der Flüssigkeit entgegengewirkt und die Gleichgewichtslage des Balkens hergestellt wird, werden, soweit sie ganze Zahlen bedeuten, an das Häkchen h gehängt. Die zur Angabe der Decimalen bestimmten Reiter werden dem Wagebalken f aufgesetzt und ihr Gewicht an der Scala dieses Balkens abgelesen. Nehmen wir an, der Balken spiele auf den Nullpunkt der Scala a ein, wenn zwei der Reiter am Häkchen h hängen, der für die Angabe der ersten Decimale bestimmte Reiter auf 8, der kleinere für die zweite Decimale bestimmte dagegen zwischen 4 und 5 in der Mitte sitze, so wäre das specifische Gewicht der Flüssigkeit = 2.845.

Neuerdings hat W. Salomon einen zur Messung der Dichte von Flüssigkeiten, und also auch von darin schwebenden starren Körpern, sowie zur mechanischen Trennung gemengter Pulver bestimmten Apparat beschrieben, welcher auf dem Principe beruht, dass die Höhen von Flüssigkeiten, die sich in communicirenden Röhren das Gleichgewicht halten, ihren Dichten umgekehrt proportional sind. Die Construction dieses Apparats ergiebt sich aus Fig. 91 b. Das zum Theil calibrirte Röhrensystem α bis a ist in solchen Dimensionen gehalten, dass die weiteren Theile γ und c den gesammten Inhalt von α und β, beziehungsweise a und b aufnehmen können; d und e sind in einander eingeschliffene, sich verengende Glasröhren, ε und $\varkappa$ Kautschukschläuche, μ ein Quetschhahn, m und i Glashähne. Der ganze Apparat wird vermittelst einer Wasserwage auf dem Holzteller horizontal aufgestellt. Zunächst muss man nun den Unterschied im Nullpunkt der Scalen in den Röhrenschenkeln a, b, α, β ein für allemal bestimmen; das geschieht, indem man bei Offenstellung des Hahnes i in a und α so viel Wasser eingiesst, dass es in β und b fast bis zum Scalenende reicht. Nun liest man nach bekannter Methode die Lage der im Niveau befindlichen Menisken in α, β, a und b ab und wiederholt diese Ablesungen mehrmals nach jeweiligem Ablassen kleiner Wassermengen durch ε und ε, um schliesslich aus den gefundenen Werthen das Mittel zu nehmen.

Soll dann der (natürlich getrocknete) Apparat gebraucht werden, so schliesst man den Hahn *i*, füllt die ihrer Dichte nach zu bestimmende Flüssigkeit in *a* und destillirtes Wasser in *α*. Werden

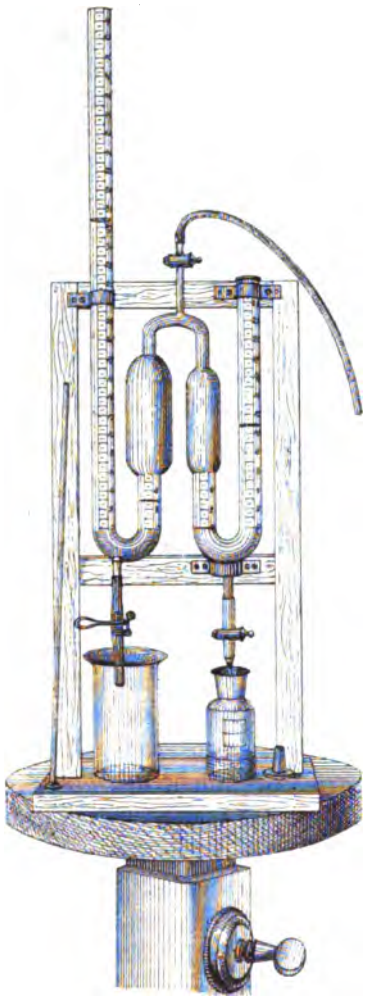


Fig. 91 a.

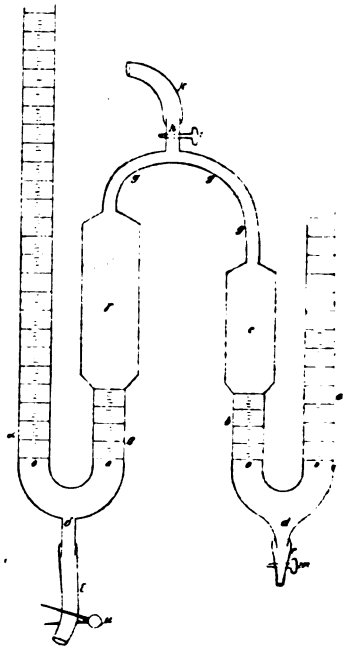


Fig. 91 b.

dann die Menisken in *α*, *a*, *b* und *β* abgelesen, so halten sich die Flüssigkeitssäulen $a - b$ und $\alpha - \beta$ das Gleichgewicht und man hat

$$\frac{a - b}{\alpha - \beta} = \frac{1}{d}$$

$$d = \frac{\alpha - \beta}{a - b},$$

wobei dann noch die Correcturen für die Verschiedenheiten des Nullpunktes berücksichtigt werden müssen. — Um thunlichst genaue Werthe zu bekommen, werden die Grössen $\alpha - \beta$ und $a - b$ mehrmals bestimmt, was durch Ablassen der Flüssigkeit durch e, des Wassers durch ε, der Luft durch i leicht erreicht wird. Die Zuverlässigkeit der gefundenen Werthe wächst dann mit dem Werthe $a - b$ und nimmt mit diesem in empfindlicher Weise ab.

Soll nach einander die Dichte verschieden schwerer Mineralkörner, welche nach einander zum Schweben in der Scheideflüssigkeit gebracht werden, bestimmt werden, so muss diese durch Zusatz von Wasser in die Röhre a jeweils entsprechend verdünnt werden. Die Mischung des Wassers mit der Flüssigkeit bewirkt W. Salomon in der Röhre a durch Auf- und Ablassen eines Glasstabes mit scheibenförmigem Knopf am unteren Ende, in b durch vorsichtiges Einblasen von Luft durch i. — Dass die Mischung in dem zapfenförmigen Raum bei d nicht stattfinden kann, soll insofern nicht schaden, als dieser symmetrisch zu a und b liegt und also gleichmässige Diffusion nach beiden Seiten hin stattfinde; bei Anwendung Thoulet'scher Lösung könne dieser Raum überdiess mit Quecksilber gefüllt werden. Nach jeder Einstellung lässt man durch i so viel Luft entweichen, dass der Meniscus in b sich innerhalb der Scala befindet. — Die Benutzung des Apparats oder vielmehr des Röhrensystems a und b als Scheidetrichter ergiebt sich von selbst. Aus der Ablesung der Werthe $a - b$ und $\alpha - \beta$ bei dem Niederfall jeder Pulverfraction hat man sofort dessen Eigenschwere. Der Apparat wird von Glasbläser Götze in Leipzig, Liebigstrasse, Ecke der Nürnbergerstrasse, zum Preise von 22 Mk. geliefert.

Dem vollständigen Gelingen einer mechanischen Sonderung nach dem specifischen Gewichte und zumal der quantitativ genauen Sonderung eines Gemenges stehen wesentlich folgende Hindernisse entgegen: 1) die Unmöglichkeit, ein Pulver herzustellen, welches aus lauter einheitlichen Körnern bestehe, 2) die Schwankungen im specifischen Gewichte der Gemengtheile, welche durch Interpositionen der verschiedenen Arten bedingt werden und 3) die Aenderungen des specifischen Gewichtes, welche die Mineralien durch Verwitterung, Zersetzung und Umwandlung erfahren. Diese Umstände bedingen es, dass man sich mit möglichster Annäherung an die homogene Reinheit der ausgeschiedenen Pulver begnügen muss, und dass man bei jeder Trennung ausser den annähernd reinen Portionen in

grösserer oder geringerer Menge „Zwischenproducte", d. h. Gemenge mehrerer verwachsener Mineralien, nebst mehr oder weniger veränderten Körnchen erhält, welche unverwendbar sind. Wie weit die Annäherung an absolute Reinheit der Pulver getrieben werden kann, hängt in erster Linie von der Natur des zu trennenden Materials, dann aber auch in hohem Grade von der Uebung und dem Geschick des Arbeiters und seiner Geduld ab.

Blättrige Mineralien, wie Glimmer, schweben in einer Lösung oft viel länger, als sie nach ihrem specifischen Gewicht sollten und verunreinigen daher alle später als sie ausfallenden Portionen. Man entfernt sie entweder vor der Trennung oder nachher dadurch, dass man das Pulver über Papier viele Male hingleiten lässt, wobei die blättrigen Mineralien am Papier hängen bleiben oder dadurch, dass man das Pulver aus einiger Höhe und in kleinen Portionen, wie Linck (l. c. pg. 41) vorschlug, auf die schwach angehauchte Wandung eines Trichters fallen lässt. Die Glimmerblättchen haften an der Wandung, während die Körnchen der andern Mineralien in ein untergestelltes Gefäss abrollen.

Mechanische Trennung eines Gesteinspulvers durch den Elektromagneten. Wie man mit einem gewöhnlichen Magnetstabe aus einem gemengten Mineralpulver den Magnetit leicht ausziehen kann, so lassen sich alle etwas eisenhaltigen Mineralien von den eisenfreien durch einen Elektromagneten trennen. Die Methode wurde wohl zuerst von Fouqué bei seinen Untersuchungen der Laven von Santorin zu der Isolation der Feldspathe dieser Gesteine benutzt. Welches die Factoren sind, von denen die grössere oder geringere Anziehbarkeit einer Mineralsubstanz durch einen Elektromagneten abhängt, ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Diese Anziehbarkeit ist jedenfalls nicht proportional dem Eisengehalt, denn manche eisenreiche Mineralien (Chromit, Biotit) werden weniger stark angezogen, als weit eisenärmere. So kann man auch oft die Anziehbarkeit eines Minerals durch Glühen erhöhen, wodurch ja der Eisengehalt nicht geändert, sondern nur in andere Form übergeführt wird. Man wird besonders bei den auch aus den concentrirtesten Lösungen fallenden Mineralien der Amphibol-, Pyroxen-, Olivin-, Epidot-, Granat- und ähnlicher Reihen oft eine Trennung mit dem Elektromagneten versuchen und auch mehr oder weniger bewerkstelligen können, wenn man das magnetische Moment des Elektromagneten in zweckent-

sprechender Weise regulirt. Ebenso bedient man sich desselben sehr oft mit Vortheil, wenn es darauf ankommt, interpositionenreiche Individuen von solchen zu trennen, die keine Einschlüsse enthalten, wenn das Mineral an und für sich eisenfrei ist. So gelingt es z. B. leicht, die einschlussreichen Leucite eines Gesteines (Capo di Bove) von den einschlussfreien zu trennen; auch die bräunlich getrübten Plagioklase der Gabbrogesteine lassen sich auf diese Weise von den farblosen recht vollkommen sondern.

Man hat vorgeschlagen, die magnetische Kraft des angewandten Elektromagneten durch Vermehrung oder Verminderung der Elemente der benutzten Batterie zu steigern oder zu verringern. Man erreicht den gleichen Zweck weit besser, wenn man sich eines hufeisenförmigen Elektromagneten bedient, an dessen Polen Platten aus weichem Eisen von der Form in Fig. 92 beweglich angeschraubt sind. Dieselben wenden ihre keilförmigen Ansätze einander zu; die magnetische Wirkung wächst überaus rasch, je mehr man die Keile einander nähert und nimmt ebenso sehr rasch ab, wenn man sie von einander entfernt. In der geeigneten Entfernung werden die Platten festgeschraubt, man lässt den Strom den Elektromagneten umkreisen und nähert das zu trennende Pulver auf einem Papierstück den Schneiden der keilförmigen Ansätze, welche nun die Pole bilden, oder lässt nach Bedürfniss die Pole in das Pulver eintauchen. Dann zieht man das Papier mit dem Pulver zurück und lässt das vom Magnet angezogene Pulver auf ein unter demselben ausgebreitetes Stück Papier fallen. In derselben Weise fährt man fort. Die rasch zu wiederholende Oeffnung und Schliessung des Stromes bewirkt man am bequemsten dadurch, dass man in den einen Schliessungsdraht eine kleine Quecksilberwanne einschaltet, in welche man mit der rechten Hand das eine Drahtende eintaucht und heraushebt, während man mit der linken Hand das Pulver den Polen nähert oder von ihnen entfernt. Der Elektromagnet wird passend an einem festen galgenförmigen Stativ aus Holz aufgehängt; als Batterie dient ein kräftiges Chromsäure-Element.

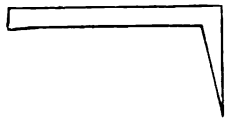


Fig. 92.

Während das beschriebene Verfahren sich besonders dann empfiehlt, wenn es darauf ankommt, grosse Mengen anziehbarer Substanzen zu entfernen, um kleine Quantitäten nicht anziehbarer zurückzubehalten, wird man für den Fall, dass kleine Mengen anziehbarer Substanzen aus grossen Mengen nicht magnetischer gewonnen wer-

den sollen, nach Vorschlag von v. Pebal* und P. Mann** besser die Trennung in Wasser ausführen. Ersterer hält das Gesteinspulver in lebhaft bewegtem Wasser in Bechergläsern in Suspension und senkt das eine Ende eines stabförmigen Elektromagneten in diese Bechergläser. Letzterer fand es praktischer, die zwei oben beschriebenen Pole eines horizontal aufgestellten hufeisenförmigen Elektromagneten mit den messerschneidartigen Enden in 0.5 mm Entfernung vertikal und parallel zu stellen und dann das in Wasser aufgeschlämmte Pulver aus einer Art Bürette mit trichterförmiger Erweiterung am oberen Ende und einem Hahn am unteren Ende der Röhren aus der Entfernung von wenigen Millimetern darüber wegfliessen zu lassen. Das Büretrohr ist 50 cm lang bei einem inneren Durchmesser von 6 mm. der sich gleich unterhalb des Trichters auf 4 mm verengt. Man arbeitet so, dass das Pulver in einem Becherglase im Wasser aufgerührt und dann bei geschlossenem Hahn auf einmal in den Trichter gegossen wird. Hierdurch wird die Luft in der Röhre *l* (Fig. 93) am Entweichen verhindert und bleibt, wenn nun der Hahn langsam geöffnet wird, in Form einer langgestreckten, fast das ganze Rohr füllenden Luftblase zurück, zwischen sich und der Rohrwand nur einen schmalen Durchgang für das Wasser und das Pulver lassend. Somit können sich die schweren Theile des Pulvers

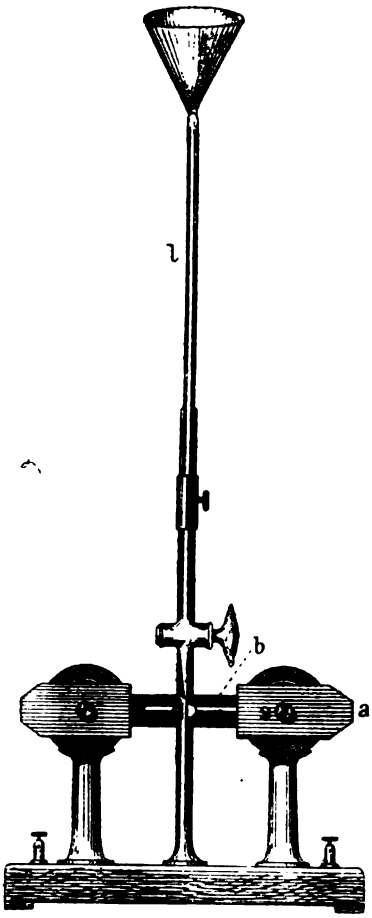


Fig. 93.

* v. Pebal, Ueber die Anwendung von Elektromagneten zur mechanischen Scheidung von Mineralien. S. W. A. I. Cl. 1882. LXXXV. 147. — Notiz über mechanische Scheidung von Mineralien. Ebenda. 1882. LXXXVI. 192—194.

** P. Mann, Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung einiger Augite aus Phonolithen und verwandten Gesteinen. L. J. 1884. II. 184—185.

nicht rasch niedersetzen und die Hahndurchbohrung oder die Rohrmündung verstopfen. Durch die Länge und Enge des Weges und die daraus resultirende grosse Reibung ist es bedingt, dass das Pulver in gleichmässiger Mengung mit dem Wasser in langsamem Strom an den Polen des Elektromagneten herabfliesst, wo nun die anziehbaren Theilchen haften bleiben. Nach vollendetem Versuch spritzt oder wischt man diese in ein Schälchen. In der beistehenden, dem Aufsatze von P. Mann entnommenen Figur sind *b* die messerschneideähnlichen Enden der Pole des Elektromagneten, der von drei Messingsäulen getragen erscheint.

Zur Trennung stark magnetischer von wenig magnetischen Substanzen streut man das Gemenge auf einen Bogen feinstes Briefpapier, der in einem Holzrahmen aufgespannt wurde, und fährt mit einem stab- oder hufeisenförmigen Magneten unter dem Papierbogen her, auf welchem die magnetischen Körner dann der Bewegung des Magneten folgen und abgeschieden werden können. Schon H. Fischer bediente sich dieses Verfahrens mit Vortheil.

Nicht selten ist man genöthigt, einzelne Körnchen aus einem Gemenge mit der Hand auszusondern, wenn weder eine Benutzung der schweren Scheidelösungen, noch des Elektromagneten noch chemische Methoden zum Ziele führen. Man bedient sich dann mit Vortheil eines dickeren Glasstreifens, in welchen man longitudinal eine Rinne eingeschliffen hat; oder auf welchen man diese Rinne dadurch herstellt, dass man zwei keilförmig zugeschliffene Glasstreifen mit den einander zugewandten Schneiden nach unten aufklebt. Das Pulver wird in diese Rinne so eingetragen, dass die Körnchen nicht zu nahe liegen. Man schiebt die Glasplatte unter dem Mikroskop langsam vorbei und sobald eines der gesuchten Körnchen im Gesichtsfeld ist, hebt man es mit einem dünnen Wachsfaden oder einem Schwefelhölzchen heraus, dessen fein zugespitztes Ende man ein wenig befeuchtet hat. Thoulet aspirirt die Körnchen durch ein Glasröhrchen, welches mit einem System von zwei, Spritzflaschen ähnlich gebauten, unter einander durch Glasröhren und Kautschukschläuche verbundenen Gläschen beweglich befestigt ist. Man saugt die Luft aus dem letzten Gefäss, während die Spitze das Körnchen berührt; letzteres fällt in das erste Gefäss.

Dölter benutzte auch gelegentlich die verschiedene Schmelzbarkeit der Körnchen eines Gemenges, um sie zu trennen. Die Körner werden dabei auf einem Platinblech ausgebreitet und dieses

vor der Gebläselampe geglüht, bis die leichter schmelzbaren festbacken, so dass man die schwerer schmelzbaren abschütteln kann, während die leichter schmelzbaren haften. Die Körner müssen möglichst genau gleiche Dimensionen haben.

Trennung der Mineralien auf chemischem Wege. Die chemischen Methoden, deren man sich zur Trennung der Gemengtheile eines Gesteins bedienen kann, sind so mannichfache und wechseln in den einzelnen Fällen derart, dass sich ein allgemeines Schema für ihre Verwendung nicht geben lässt. Ein geübter Chemiker wird sie sich leicht selbst combiniren, der Nichtgeübte würde sich derselben nicht mit Erfolg bedienen können. Abgesehen von der Abscheidung der Carbonate durch schwächere Säuren, der altbekannten Methode der Partial-Silikatanalyse, findet besonders die Flusssäure z. Th. allein, z. Th. in Verbindung mit Salzsäure oder Schwefelsäure nach dem Vorgange Fouqué's eine weitreichende Verwendung. Bringt man in eine Platinschale reine concentrirte Flusssäure und trägt dann allmählig das Pulver eines Gesteins in dieselbe ein, nicht zu schnell, um ein starkes Aufwallen, schnell genug, um eine ausreichende Temperaturerhöhung zu bewirken, so werden die Gemengtheile des Gesteins in einer bestimmten Reihenfolge angegriffen, zuerst die glasigen Basistheile, dann die Feldspathe und verwandte Substanzen, darauf der Quarz, zuletzt die magnesia- und eisenreichen Gemengtheile der Pyroxen-, Amphibol-, Olivin- etc. Familien. Unterbricht man also den Vorgang im geeigneten Zeitpunkt dadurch, dass man rasch Wasser reichlich zuströmen lässt, so gelingt es bei einiger Uebung in überraschender Weise, bestimmte Substanzen zu zerstören, andere unangegriffen zu behalten. Man kann auf diese Weise die Mikrolithe der Gläser, die Feldspathe der porphyrischen Grundmassen, die älteren basischeren Gemengtheile in oft vollkommen erhaltener Krystallform isoliren. Während der Einwirkung der Flusssäure rührt man mit einem Platinspatel um und fährt damit fort während des Wasserzusatzes, um die Gelatineklümpchen zu zerdrücken und so ihre Fortspülung durch das Wasser zu erleichtern. Sobald man es ohne Gefahr kann, bedient man sich des Fingers und reibt mit diesem das unangegriffene Krystallpulver gegen die Wand der Schale, um die Gelatinehaut fortzuspülen. Zuletzt giesst man das Wasser vollkommen ab, glüht das Krystallpulver vorsichtig und verwandelt dadurch die noch anhaftende Kieselgallerte in pulverige Kieselsäure, welche nun leicht gänglich abgewaschen werden kann. Bei richtiger

Behandlung behalten zumal die Kryställchen der Magnesia- und Eisensilikate spiegelnde Krystallflächen.

Wie man sich eines Gemenges von Flusssäure und Salz- oder Schwefelsäure zur Isolirung des Rutils aus Schiefer bedienen könne, haben Sauer*, Cossa** und Cathrein*** gezeigt. Die gleiche Methode lässt auch Zirkon, Turmalin, Spinell, Andalusit, Disthen u. s. w. von den andern Silikaten trennen. — E. Cohen† benutzt bei solchen Isolationsarbeiten, um grössere Mengen des Gesteinspulvers unter den günstigsten Bedingungen behandeln zu können, einen Bleitopf, welcher mit dem Deckel 10 cm hoch ist, einen Durchmesser von 16.2 cm im Lichten und 5 mm Wanddicke hat. In demselben können auf drei treppenartig vorspringenden Gestellen von Blei vier flache Schüsseln von demselben Metall mit zunehmendem Durchmesser eingesetzt werden, deren kleinste und zu unterst stehende etwa 9, deren oberste etwa 14 cm Durchmesser haben sollte. Auf dem Boden dieser Schüsseln wird das mit Wasser und Salzsäure oder Schwefelsäure angefeuchtete Gesteinspulver ausgebreitet. Die untere Hälfte des Bleitopfes bleibt frei zur Aufnahme der zur Entwickelung der Flusssäure nöthigen Menge von Flussspath und Schwefelsäure. Der Topfdeckel greift mit einem Falz über den Topf über und kann so gearbeitet werden, dass ein Kittverschluss unnöthig ist. Das zu dem ganzen Apparat verwendete Blei muss stark gehämmert werden, um widerstandsfähig gegen die HFl zu sein. Die Reaction verläuft rascher, wenn man den beschickten Topf an einen warmen Ort stellt.

Lemberg†† benutzte mit Erfolg eine concentrirte Natronlauge zur Isolation des Augits in Phonolithen, Kalkowsky††† bediente sich des geschmolzenen Kalinatroncarbonates zur Gewinnung des Hercynits aus dem Granulit.

* A. Sauer, Rutil als mikroskopischer Gesteinsgemengtheil. L. J. 1879. 571; 1880. I. 280.

** A. Cossa, Rutil in Gastaldit-Eklogit von Val Tournanche. L. J. 1880. I. 162—164.

*** A. Cathrein, Ein Beitrag zur Kenntniss der Wildschönauer Schiefer und der Thonschiefernädelchen. L. J. 1881. I. 172.

† E. Cohen, Ueber eine verbesserte Methode der Isolirung von Gesteinsgemengtheilen vermittelst Flusssäure. Mitth. d. naturw. Ver. für Neuvorpommern und Rügen. 20. Jahrg. 1888.

†† J. Lemberg, Zur Kenntniss der Umbildung und Umwandlung von Silikaten. Z. D. G. G. 1883. XXXV. 560.

††† E. Kalkowsky, Ueber Hercynit im sächsischen Granulit. Z. D. G. G. 1881. XXXIII. 535.

Bestimmung des specifischen Gewichts der isolirten Pulver. Wurde das specifische Gewicht der bei einer Trennung gewonnenen Pulver nicht schon direct während der Trennung ermittelt, und will man, aus Mangel an zureichendem Material oder aus andern Gründen, die pyknometrische Bestimmung nicht vornehmen, so erhält man dasselbe dadurch, dass man einige geeignete Körnchen in einer Scheideflüssigkeit (das Jodmethylen ist wegen seiner leichten Beweglichkeit allen andern vorzuziehen) zum Schweben bringt und dann vermittelst der Westphal'schen Wage die Dichte der Flüssigkeit feststellt. Man bedient sich dabei, um nicht zu grosse Quantitäten der Flüssigkeit nöthig zu haben, mit Vortheil 9—10 cm hoher Spitzgläser oder ebenso hoher und etwa 2 cm im Durchmesser haltender Glascylinder auf schwerem Fusse. — Besitzt man keine aräometrische Wage, so giesst man die auf das Pulver eingestellte Flüssigkeit in ein calibrirtes und tarirtes Glasgefäss von 20—25 ccm Inhalt, stellt genau auf die Marke ein und wägt. Das Gewicht getheilt durch den Inhalt giebt direct das specifische Gewicht. Beide Methoden geben sehr zuverlässige Resultate, wenn man bei Anwendung der ersteren Acht giebt, dass an dem Senkrohr keine Luftblase hafte, und bei der zweiten die Bestimmung mehrere Male wiederholt. In jedem Falle empfiehlt sich wegen der hygroskopischen Natur der Flüssigkeiten möglichst rasches Arbeiten. Am schnellsten gelangt man zum Ziele bei Benutzung der aräometrischen Wage; die absolut grössere Genauigkeit erreicht man bei Wägung der eingestellten Flüssigkeit in einem calibrirten Kölbchen. Doch ist zu berücksichtigen, dass bei Anwendung der Westphal'schen Wage die durch Temperaturschwankungen bedingten Fehler wegfallen, welche bei Benutzung der calibrirten Röhrchen nicht zu vernachlässigen sind, zumal wenn man mit Jodmethylen und Benzol arbeitet, die sehr rasch verdunsten. — Man kann selbstverständlich die Dichte auch durch Benutzung von Indicatoren bestimmen, welche man in die eingestellte Flüssigkeit wirft, oder auf welche man zugleich mit dem Pulver die Flüssigkeit einstellt.

Auch Körner, deren Dichte beliebig grösser ist, als diejenige der Scheideflüssigkeit, können durch diese nach ihrem specifischen Gewicht bestimmt werden, wenn ihr absolutes Gewicht nicht gar zu gering (grösser als 0.01 gr) ist. Man formt aus Wachs ein kleines Kügelchen, welches man durch ein darin eingehülltes Mineralkorn beschwert und bestimmt das Gewicht desselben = g. An

dieses klebt man das oder die Körner, deren specifisches Gewicht $= d'$ gemessen werden soll, und deren absolutes Gewicht $= g'$ bestimmt wurde*. Nun bringt man dieses System (Wachskügelchen + angeklebte Körner) in die Scheideflüssigkeit, stellt diese ein und eruirt nach einer der angegebenen Methoden seine Dichte $= D$. Hebt man hierauf das Kügelchen aus der Flüssigkeit, klaubt vorsichtig die lose angedrückten Körnchen ab, bringt dasselbe wieder in die Flüssigkeit und stellt diese wieder ein, so giebt die nun wieder bestimmte Dichte der Flüssigkeit das specifische Gewicht des Wachskügelchens $= d$. Hieraus ist dessen Volum $v = \frac{g}{d}$ bekannt und man hat die Gleichung

$$D = \frac{g + g'}{v + v'} = \frac{g + g'}{v + \frac{g'}{d'}}$$

demnach $d' = \frac{g' D}{g + g' - D v}$

A. Streng (25. Bericht der Oberhess. Ges. f. Natur- und Heilkunde. Giessen 1887. 110) schlug als Schwimmer einen kleinen Glasbecher mit möglichst dünnen Wänden vor, dessen äussere Höhe etwa 5—6 mm, dessen äusserer oberer Durchmesser 5 mm beträgt und an dessen unterem Theil drei Platindrähte von 3—4 mm Länge gewissermassen als Füsse eingeschmolzen sind, um das Becherchen immer in vertikaler Stellung zu halten. In dieses Becherchen wird die zu prüfende Substanz gelegt und nun verfahren, wie oben angegeben. Die Methode hat zwei Fehler, das absolute Gewicht des Schwimmers ist zu gross und die Flüssigkeit im Becher hat im Allgemeinen nicht die Dichte der umgebenden Flüssigkeit. — Am besten dürfte das Verfahren von J. W. Retgers (Die Bestimmung des specifischen Gewichts von in Wasser löslichen Salzen. Zeitschr. für phys. Chemie 1889. IV. 2. S. 191) sein, wenn die Körnchen gross genug sind, um das allerdings nicht einwandfreie Kleben zu umgehen. Er biegt ganz dünne Glasfäden hufeisenförmig um und klemmt zwischen die elastischen Arme dieser kleinen Klemme die Mineralsubstanz. Man hat solcher Klemmen mehrere in verschiedenem Gewicht vorräthig, von denen man nach Bedürfniss auswählt.

In folgender Tabelle sind die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien nach abnehmendem specifischem Gewicht zusammen-

* J. Joly (Phil. Mag. 1885. (5.) XXVI. 29) legt die Mineralstückchen auf eine kleine, vorher gewogene Paraffinscheibe und schmilzt diese vorsichtig. Man soll auf diese Weise auch poröse Substanzen ihrer Dichte nach bestimmen können, da das schmelzende Paraffin die Poren füllt.

gestellt. Die angegebenen Zahlen haben jedoch nur die Bedeutung von Durchschnittswerthen und können im concreten Fall sich als ziemlich ungenau erweisen.

Cassiterit	6.84	Titanit	3.48	Wollastonit	2.86
Hämatit	5.30	Arfvedsonit	3.45	Muscovit	2.85
Magnetit	5.20	Olivin	3.41	Chlorit	2.78
Monazit	5.16	Vesuvian	3.40	Anorthit	2.76
Pseudo-		Hypersthen	3.39	Lazulith	2.75
brookit	4.98	Epidot	3.39	Talk	2.74
Ilmenit	4.75	Dumortierit	3.36	Mejonit	2.73
Chromit	4.46	Zoisit	3.35	Beryll	2.72
Zirkon	4.45	Prismatin	3.34	Calcit	2.72
Rutil	4.25	Diopsid	3.30	Bastit	2.70
Melanit	4.15	Axinit	3.29	Dipyr	2.66
Brookit	4.14	Ottrelith	3.26	Quarz	2.65
Fayalit	4.12	Sillimanit	3.23	Cordierit	2.64
Picotit	4.08	Hornblende	3.22	Albit	2.63
Perowskit	4.06	Andalusit	3.20	Eläolith	2.60
Korund	3.95	Bronzit	3.19	Sanidin	2.56
Hercynit	3.94	Fluorit	3.18	Nephelin	2.55
Anatas	3.90	Anthophyllit	3.17	Leucit	2.47
Pleonast	3.82	Apatit	3.16	Cancrinit	2.46
Pyrop	3.75	Spodumen	3.14	Hauyn	2.45
Ainigmatit	3.75	Turmalin	3.12	Petalit	2.39
Staurolith	3.74	Glaukophan	3.10	Brucit	2.36
Allochroit	3.70	Aktinolith	3.02	Gyps	2.31
Spinell	3.60	Biotit	3.01	Sodalith	2.28
Disthen	3.60	Gehlenit	2.95	Natrolith	2.23
Topas	3.56	Prehnit	2.94	Opal	2.21
Chloritoid	3.54	Aragonit	2.94	Analcim	2.19
Uwarowit	3.51	Melilith	2.93	Hyalit	2.17
Grossular	3.50	Dolomit	2.90	Chabasit	2.10
Akmit	3.49				

Härtebestimmung der isolirten Pulver. Man drückt nach einem von Cohen angegebenen Verfahren, die Körner des Pulvers kräftig in die glatt gefeilte Endfläche eines wenige Millimeter dicken Bleistempels, und bedient sich desselben als Handhabe, um Ritzversuche auf den Flächen von Mineralien von bekannter Härte auszuführen. Ungefähre Bestimmungen kann man dadurch erhalten, dass man das Pulver zwischen zwei Objectgläsern reibt und nachsieht, ob diese gekritzelt werden oder nicht. In letzterem Falle giebt das Knirschen und das leichtere oder schwerere Zerdrücken der Körnchen zwischen den Gläsern Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Härte.

Chemische Reactionen. Dieselben sind die gleichen, ob man mit den isolirten Pulvern oder direct am Dünnschliff operire. Es handelt sich zunächst darum, die zu untersuchende Substanz in Lösung zu bringen. Dieses geschieht bei den Nicht-Silikaten nach bekannten Methoden. Die Silikate werden entweder durch directe Behandlung der Körner oder der Dünnschliffe mit Kieselflusssäure oder mit Flusssäure aufgeschlossen; es ist in allen Fällen vorzuziehen, die zu untersuchenden Substanzen als isolirtes Pulver zu verwenden; am Dünnschliff selbst wird man nur dann operiren, wenn die Isolirung der Substanz nicht thunlich ist.

Das Bořicky'sche Verfahren der Behandlung der Silikate mit Kieselflusssäure* wird in folgender Weise ausgeführt. Man überzieht einen Objectträger mit einer dünnen, möglichst ebenen Haut von Canadabalsam und legt ein oder mehrere etwa mohnkorngrosse Stückchen der Substanz darauf, welche man, damit sie nicht verloren gehen, durch eine vorsichtige und schwache Erwärmung des Gläschens zum Haften an dem Balsam bringt. Diese Körnchen bedeckt man mit einem gewölbten Tropfen von Kieselflusssäure, dessen Auseinanderfliessen sorgfältig zu vermeiden ist. Die Canadabalsamhaut darf nicht rissig sein, damit das Reagens nicht auf das Objectglas wirken könne. Die Kieselflusssäure muss absolut rein sein; sie darf bei Verflüchtigung keinen Rest hinterlassen. Man stellt sie sich entweder selbst dar, indem man das aus einer Mischung von Fluorbaryum, Schwefelsäure und Quarzpulver in einer Bleiretorte entwickelte Fluorsilicium in eine mit Wasser gefüllte Platinschale leitet, oder die käufliche Kieselflusssäure durch Destillation reinigt. Dieselbe wird am besten in Platingefässen oder in alten, sorgfältig gereinigten Kautschukflaschen aufbewahrt und man hebt die zur Reaction nothwendigen Tropfen mit einem Kautschukstabe heraus. Die zur Untersuchung verwendete Probe muss möglichst vollständig von der Säure aufgelöst werden; anderenfalls würden die beim Eintrocknen sich bildenden Krystallisationen in ihren relativen Mengen ein mehr oder weniger falsches Bild von der Zusammensetzung der untersuchten Probe geben. Man kann die spontan nur sehr langsame Verdunstung der Lösung beschleunigen und den Angriff des Reagens auf die Probe unterstützen, wenn man das Objectglas gelinde über einer Spirituslampe erwärmt.

* Statt der unbequemen und schwer rein zu erhaltenden Kieselflusssäure kann man bei Silikaten mit ganz demselben und überdiess rascherem Erfolge reine Flusssäure anwenden.

Beim Eintrocknen der Lösung entstehen charakteristische Krystallisationen der in der untersuchten Probe vorhandenen ein- und zweiwerthigen Metalle in der Form von Kieselfluoriden. Die Kieselfluorverbindung des Aluminium ist gelatinös. Ist die Krystallisation etwa wegen zu raschen Eindampfens unvollkommen ausgefallen, so löst man entweder in Wasser oder einem stark verdünnten Tropfen von Kieselflusssäure, trägt auf ein reines Objectglas über und lässt von neuem krystallisiren. War die Probe nicht vollständig gelöst, so behandelt man wiederholt mit einem neuen Tropfen Kieselflusssäure. Manche Silikate, zumal Glimmer, lassen sich selbst mit recht concentrirter Kieselflusssäure nicht vollkommen aufschliessen; man zersetzt dieselben dann zunächst in einem kleinen Platintiegel mit Flusssäure, dampft hierauf unter Zusatz überschüssiger Kieselflusssäure zur Trockniss ein, nimmt mit etwas destillirtem Wasser auf und lässt die Lösung auf einem Objectträger verdunsten. — Bei dem Studium der zumeist sehr kleinen Krystallisationsproducte thut man gut, behufs besserer Beleuchtung den Polarisator etwas zu senken.

Beabsichtigt man nicht, durch Darstellung der Kieselfluoride die in der Probe enthaltenen Metalle zu bestimmen, sondern die von Behrens und Anderen vorgeschlagenen Krystallisationen zur Diagnose zu benutzen, so zersetzt man das fein zerstossene Pulver der Probe in einem kleinen halbkugelförmigen Platintiegel von etwa 1 cm Durchmesser oder in einem Platinlöffelchen. Derselbe wird etwas mehr als zur Hälfte mit reiner rauchender Flusssäure gefüllt (die Flusssäure des Handels, auch wenn puriss., muss destillirt werden) und etwa 0.5—1.0 mgr der Probe eingetragen. Man dampft auf dem Wasserbade unter Umrühren mit einem Platindraht zur Trockne ein, wiederholt, wenn nöthig, die Operation bis zum vollständigen Aufschluss und dampft alsdann die trockene Haut von Fluorüren mit verdünnter Schwefelsäure ab. Es müssen reichlich graue Dämpfe von Schwefelsäure entweichen, wenn man sicher sein will, dass alles Fluorsilicium verjagt und alle Fluorüre in Sulphate übergeführt wurden. Andererseits muss man sich hüten, die Verjagung der Schwefelsäure zu weit zu treiben, weil dann schwerlösliche basische Salze bei Gegenwart von Eisen und Thonerde entstehen. Nun löst man in reichlich destillirtem Wasser, dem wenn nöthig eine Spur Schwefelsäure zugesetzt wurde, unter Erwärmung und hat eine Sulphatlösung der Basen, welche die Probe enthält. Diese werden vermittelst Capillarpipetten in kleinen Tröpfchen auf Objectgläser gebracht und nun durch directen Zusatz der

Reagentien die gewünschten charakteristischen Krystallisationen hervorgerufen. Sollen die Reagentien nur langsam einwirken, so bringt man einen Tropfen derselben neben den Probetropfen und lässt dieselben dadurch, dass man sie vermittelst eines Stückchens von einem Glasfaden verbindet, ineinander fliessen.

Wird bei der Untersuchung eine Filtration nöthig, so kann man Niederschlag und Lösung auf mannichfache Art unter Benutzung von Filtrirpapier in Streifen und Röllchen, trocken oder feucht, trennen. Doch sind alle diese Trennungen unvollkommen und ein eigentliches Auswaschen nicht durchführbar. In der ersten Auflage dieses Buches war ein kleiner Filtrirapparat beschrieben, der aber durch einen von K. Haushofer nach demselben Princip construirten an Brauchbarkeit übertroffen wird. Derselbe (Fig. 94) besteht aus den beiden kurzen, höchstens 4 mm lichte Weite und etwa 1—1.5 mm Wanddicke besitzenden Glasröhrchen *a* und *b*, welche an den einander zugekehrten Enden senkrecht abgeschliffen sind. Eine horizontale Klemme *K* hält sie senkrecht so übereinander, dass die abgeschliffenen Enden sich eben berühren,

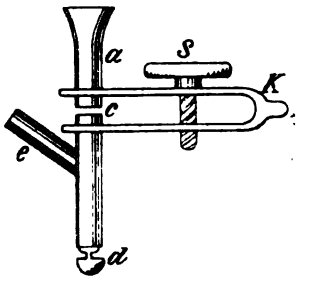


Fig. 94.

a ist oben trichterförmig erweitert, *b* unten durch einen Pfropfen oder eingeschliffenen Glasstöpsel *d* geschlossen. Seitlich an *b* sitzt das Röhrchen *e*, über welches ein Gummischlauch gezogen wird, um *b* luftleer saugen zu können. Zwischen die abgeschliffenen Enden der Glasröhrchen bei *d* wird ein angefeuchtetes Scheibchen von doppeltem Filtrirpapier gebracht, welches etwa 1 mm über die Röhrchen übersteht und durch Anziehen der federnden Klammer *S* festgepresst wird. Die zu filtrirende Flüssigkeit wird in *a* eingegossen, und *b* durch *e* vorsichtig luftleer gesogen. Durch Nachgiessen von Wasser in *a* kann man auswaschen. Der Niederschlag sammelt sich als kreisförmige Lage auf dem oberen Papierblättchen und kann abgenommen, das Filtrat bei *d* herausgelassen werden.

Die Anzahl der bei mikrochemischen Untersuchungen verwendbaren Reactionen ist eine sehr grosse und muss nöthigenfalls in den oben aufgeführten Hülfsbüchern von Haushofer, Streng, Bourgeois, Renard und Klement nachgesehen werden. Im Folgenden sind die durch lange Erfahrung erprobten Reactionen auf die wichtigen Grundstoffe zusammengestellt und, wo nöthig, eine zur Bestimmung

der erzielten Krystallisationen behülfliche, optische Diagnose angefügt, die leider von den Autoren hie und da zu wenig berücksichtigt worden ist.

Kalium. Beim Eintrocknen des kieselflusssauren Aufschlusses bilden sich isotrope, schwach lichtbrechende wasserhelle Würfel, Oktaëder oder Combinationen dieser Formen unter einander und mit dem Rhombendodekaëder von K_2SiFl_6 (Taf. XI Fig. 2 u. 3). Gelegentlich entstehen, zumal bei hohem Na-Gehalt und aus saurer Lösung, stark doppelbrechende, anscheinend rhomboëdrische, in Wirklichkeit monokline Kryställchen. Löst man diese mit heissem Wasser und lässt wieder auskrystallisiren, so erhält man sofort die normalen Gestalten. Bisweilen kehrt aber die monokline Modification hartnäckig wieder. — In der salzsauren oder schwefelsauren Lösung nach Aufschluss mit Flusssäure entstehen mit Platinchlorid scharf ausgebildete gelbe Oktaëder, seltener Würfel oder combinationsreiche Kryställchen von Kaliumplatinchlorid (K_2PtCl_6) von hoher Lichtbrechung. — Ammonium, Rubidium und Caesium geben dieselbe Reaction.

Natrium. Aus kieselflusssaurer Lösung entstehen beim Eintrocknen hexagonale Combinationen (Taf. X Fig. 5 u. 6 und Taf. XI Fig. 1) $\infty P . oP (10\bar{1}0) (0001)$ oder $\infty P . P (10\bar{1}0) (10\bar{1}1)$ von Na_2SiFl_6. Sie liegen bald auf der Prismenfläche, bald auf der Basis, sind farblos, sehr schwach licht- und doppelbrechend, mit negativem Charakter. Die Pyramide ist recht stumpf $(10\bar{1}1) : (10\bar{1}\bar{1}) = 66°6'$. Die Kryställchen pflegen um so länger zu werden, je kalkreicher die Lösung ist. — Streng schlug die Fällung des Natron aus seinen Lösungen mit essigsaurem Uranoxyd als essigsaures Uranoxydnatron in Tetraëdern und tetraëdrischen Combinationen von hellgelber Farbe vor. Das käufliche Reagens ist natronhaltig und das gereinigte nimmt nach längerer Zeit aus dem Glase wieder Na auf. — Kommt es auf den Nachweis von Spuren an, so bedient man sich des Spectralapparats. Die Bořicky'sche Probe ist selbst bei sehr kleinen Mengen überaus scharf und sicher.

Lithium. Aus kieselflusssaurer Lösung scheiden sich beim Eintrocknen stumpfe monokline Combinationen von hexagonalem Habitus (Taf. XI Fig. 4) oder Sphärokrystalle aus. — Aus schwefelsaurer Lösung erhält man nach Entfernung des Gypses mit kohlensaurem Kali schneeflockenähnliche oder deutlicher monokline Krystalle mit oft rechteckigem Querschnitt von Lithiumcarbonat. — Nach Haushofer fallen aus neutraler, nicht zu verdünnter Lösung

bei hoher Temperatur nach Zusatz von Natriumphosphat Durchkreuzungszwillinge von spindelförmigen Kryställchen und sternähnliche Gruppirungen von $Li_3PO_4 + aq$. Die Kryställchen sind sehr klein. — Die spectralanalytische Untersuchung macht jede Krystallreaction unnöthig.

Baryum. Aus kieselflusssaurer Lösung sich ausscheidende Kryställchen sind sehr undeutlich und wenig charakteristisch. Beim Aufschluss mit Flusssäure und Schwefelsäure bleibt Baryum als Sulphat ungelöst. Bringt man diesen Rückstand durch kochende Schwefelsäure in Lösung, so fallen aus einem auf dem Objectglas sich abkühlenden Tropfen lange ehe Gyps auskrystallisirt theils fast rectanguläre Krystalltafeln, theils andreaskreuzartige Wachsthumsformen aus. — Schliesst man den unlöslichen Rückstand nicht mit kochender Schwefelsäure, sondern durch Schmelzen mit Alkalicarbonat auf, wäscht aus, bis das Waschwasser nicht mehr auf Schwefelsäure reagirt, löst den Rückstand in Salzsäure oder Salpetersäure, so entstehen in der Lösung bei langsamem Zusatz von Kaliumchromat blassgelbe Krystalle und Krystallskelette, welche denen des Baryumsulphats aus kochender Schwefelsäure in der Form durchaus ähneln. Strontium wird dabei nicht gefällt. Man wird also diese Reaction stets bei Anwesenheit von Strontium anwenden. — Setzt man zu der Lösung von Chlorbaryum statt Kalichromat eine Lösung von Ferrocyankalium, so fallen beim Eintrocknen hellgelbliche Rhomboëder von Ferrocyanbaryum-Kalium.

Strontium krystallisirt aus kieselflusssauren Lösungen beim Eintrocknen in scharfkantigen und ebenflächigen Säulchen oder Blättchen des monoklinen Systems ($SrSiFl_6 + 2\,aq$), welche dem Kieselfluorcalcium sehr ähneln. Bei der Behandlung mit Schwefelsäure entstehen rhombische Tafeln des Strontiumsulphats, was zur Unterscheidung vom Kalksalz dient. — Bei der Aufschliessung mit Flusssäure und Schwefelsäure bleibt das Strontium im unlöslichen Rückstand. Aus der siedenden schwefelsauren Lösung dieses krystallisiren rhombische Tafeln von Cölestin. — Wird der Rückstand mit Alkalicarbonat geschmolzen und behandelt, wie bei Baryum angegeben wurde, so fallen aus der verdünnten salzsauren Lösung nach Zusatz von Oxalsäure wasserhelle Oktaëder des Strontiumoxalats.

Calcium. Aus kieselflusssauren Lösungen scheiden sich beim Eintrocknen monokline Krystalle von $CaSiFl_6 + 2\,aq$ ab, welche überaus mannichfache Formen annehmen. Bald sind es spiessige,

dornähnliche, auch verästelte Gruppen und Einzelkrystalle, bald rhomboidale Täfelchen, am häufigsten spindelförmige Individuen von nicht sehr starker Doppelbrechung (Taf. XI Fig. 5 u. 6). Sehr charakteristisch ist für alle Formen der Mangel geradliniger und die Neigung zu krummliniger Begrenzung. Auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure werden sie zersetzt und es entstehen an ihrer Stelle die langprismatischen Krystalle des Gypses. — Bei Aufschluss mit Fluss- und Schwefelsäure geht, sobald der Kalkgehalt des Silikates ein bedeutender ist, nur ein Theil des Calciumsulphats in Lösung; bei geringem Gehalt und einem Ueberschuss verdünnter Schwefelsäure geht aller Kalk ohne Rückstand in Lösung und es scheiden sich dann am Rande des Tropfens die charakteristischen Säulchen und Blättchen des Gypses $\infty P . \infty P\bar{\infty} . P$. (110) (010) (11$\bar{1}$), zumeist auf (010) liegend, in Einzelkrystallen, Berührungs- und Durchkreuzungszwillingen oder in sternförmigen Gruppen aus (Taf. XII Fig. 2). Man beschleunigt die Ausscheidung des Gypses, wenn man das Präparat mit einem Pappschächtelchen überdeckt, in welches man einen Tropfen Alkohol gegossen hatte. In der Gypsbildung hat man die empfindlichste und sicherste Reaction auf Ca.

Magnesium. Aus kieselflusssaurer Lösung krystallisirt $MgSiF_6 + 6$ aq in rhomboëdrischen Krystallen, welche am häufigsten die Combination $\infty P2 . R$, (1120), x (10$\bar{1}$1), seltener $R . \infty P2$ oder $R . oR$ zeigen. Sie sind stets sehr scharfkantig und ebenflächig, von mittlerem Brechungsvermögen, stark doppelbrechend mit positivem Charakter, polarisiren meist in den grellen Farben der 2. Ordnung und zeigen bei geeigneter Lage ein sehr deutliches Interferenzbild. Sie sind farblos (Taf. XII Fig. 1). — In hohem Grade charakteristisch ist auch die Bildung der Struvitkrystalle ($NH_4 Mg PO_4 + 6$ aq) mit ihren sargähnlichen hemimorphen Formen (Taf. XII Fig. 4 u. 5). Man erhält die Krystalle in vollkommenster Ausbildung aus stark verdünnter Lösung, der man Salmiak und Ammoniak bis zu deutlich basischer Reaction zusetzte. Man bringt direct ein Körnchen Phosphorsalz an den Rand der Lösung oder setzt ein Tröpfchen Natriumphosphat zu. Die Kryställchen scheiden sich langsam in der Kälte aus, rasch beim Erwärmen. Doch entstehen im letzteren Falle leicht sehr unsicher erkennbare Wachsthumsformen; ebenso bilden sich diese anfangs aus concentrirten Lösungen und erst nach dem Ausscheiden der Hauptmenge des Salzes fallen die charakteristischen Krystalle aus. Bei mitterem Brechungsvermögen ist die Doppelbrechung schwach.

Beryllium. Die natürlichen Berylliumverbindungen sind nur durch Aufschliessen mit Alkali-Carbonat in Lösung überzuführen. Löst man den Aufschluss in Salzsäure, nachdem er zuvor mit heissem Wasser ausgelaugt wurde, so fallen aus einem Tropfen der salzsauren Lösung nach Zusatz von Platinchlorid beim Eintrocknen über Schwefelsäure scharfe quadratische und oktogonale, fast farblose Tafeln von $BePtCl_6 + 8$ aq mit optisch negativem Charakter.

Eisen. Aus kieselflusssaurer Lösung fallen beim Eintrocknen Krystalle von $FeSiFl_6 + 6$ aq, welche vollständig isomorph mit dem Magnesiumsalz sind und dieselben optischen Eigenschaften haben. Zur Unterscheidung dient das Befeuchten mit Ferrocyankalium oder Schwefelammonium; im ersten Falle werden sie blau, im zweiten schwarz. — Sehr leicht erkennbar sind auch die amorphen Niederschläge mit Ferrocyankalium oder Ammoniak.

Mangan. Aus kieselflusssaurer Lösung entstehen Krystalle von $MnSiFl_6 + 6$ aq, welche isomorph mit dem Mg-Salze sind und dieselben optischen Eigenschaften zeigen wie dieses. Bei einiger Dicke sind sie hellrosa. Zur Unterscheidung dient es, dass das Mangankieselfluorid beim Befeuchten oder besser Behauchen mit Schwefelammonium röthlich, bis bräunlichweiss wird.

Nickel. Aus kieselflusssaurer Lösung bilden sich beim Eintrocknen mit dem Mg-Salze isomorphe, und dasselbe optische Verhalten zeigende Krystalle von $NiSiFl_6 + 6$ aq. Sie sind hellgrünlich. Aus schwefelsaurer Lösung entstehen beim Zusatz von Kieselflusssäure und Eintrocknen gern Sphärokrystalle mit dem Interferenzkreuz einaxig strahliger Aggregate zwischen gekreuzten Nicols, oft auch mit farbigen Ringen.

Kobalt. Die aus kieselflusssaurer Lösung fallenden Krystalle von $CoSiFl_6 + 6$ aq haben alle Eigenschaften des isomorphen Magnesiumsalzes, zeigen aber gern mehr rhomboëdrischen als prismatischen Habitus und sind röthlich, bis bräunlichgelb gefärbt.

Chrom. Die in den Gesteinen vorkommenden Chrom-Verbindungen (Chromit und Picotit, Chromdiopsid) sind wegen ihrer sehr schweren Angreifbarkeit leicht zu isoliren und ihr Chromgehalt durch die bekannte Perlenfärbung nachweisbar. Um Krystallreactionen zu erhalten, muss das Chrom zuvor in lösliches Alkalichromat übergeführt werden. Man schmilzt am Platindraht mit Fluorkalium im Oxydationsfeuer, löst das Schmelzproduct in einem Tropfen Wasser, säuert schwach mit Salpetersäure an und fügt Silbernitrat zu. Es bilden sich rhombische Täfelchen, deren spitzer

Winkel etwa 72° beträgt und deren stumpfe Kante oft durch ein Pinakoid abgestumpft erscheint, oder auch Wachsthumsformen. Die Krystalle sind stark lichtbrechend und haben im durchfallenden Lichte bei hinreichender Dünne hyacinthrothe Farbe. Neben den rhombischen Tafeln erscheinen auch rectanguläre und quadratisch begrenzte Täfelchen.

Aluminium. Thonerde scheidet sich aus kieselflusssaurer Lösung gelatinös aus. — Aus schwefelsaurer Lösung fallen nach Zusatz einer winzigen Quantität von Caesiumchlorid oder Caesiumsulphat scharfe und grosse, stark lichtbrechende, reguläre Krystalle von Caesiumalaun aus. Dieselben zeigen vorwiegend die Formen O, O . ∞O∞, seltener und zumal aus neutraler Lösung ∞O∞. Die Krystalle zeigen anscheinend niemals die sonst so häufigen optischen Anomalien der Alaune. Ist die Lösung zu concentrirt, so entstehen viel verzweigte Wachsthumsformen; man löst in Wasser und lässt wieder eintrocknen; ein zu grosser Ueberschuss von Schwefelsäure verzögert die Bildung der Krystalle, man stumpft dann am besten durch Zusatz von Natriumacetat ab. (Taf. XII Fig. 3.)

Cerium. Aus verdünnten Lösungen des Ceriumsulphats oder Chlorids entsteht bei Zusatz von Oxalsäure oder Ammoniumoxalat ein anfangs flockiger Niederschlag, der jedoch bald krystallin wird und aus feinen, beiderseits zugespitzten, oft auch gegabelten und gezähnten Prismen besteht, welche sich bei einiger Concentration gern zu radialen Gruppen ordnen. Die Kryställchen löschen schief aus und sind stark doppelbrechend. — Aus heissen, sehr verdünnten Lösungen fallen dünne rhomboidale Tafeln, deren spitzer ebener Winkel etwa 86° beträgt, und welche gern rechtwinklig durcheinander wachsen; sie scheinen monoklin zu sein.

Yttrium. Aus verdünnten heissen, neutralen oder schwachsauren, schwefelsauren Lösungen fallen bei Zusatz von Oxalsäure sehr mannichfach gestaltete, stark doppelbrechende Krystalle, nemlich: 1) gypsähnliche, schief auslöschende Blättchen; 2) rhomboëderähnliche, spitze, wohl auch monokline Formen; 3) kleine rechtwinklige Lamellen, welche an den Enden gern gegabelt und gezähnt sind und zu gitterförmigen Gruppen verwachsen; ihre Auslöschung liegt parallel zur Längsseite; 4) kürzere oder längere cannelirte Säulchen, welche sich, wenn sie aufrecht stehen, als dem rhombischen System zugehörige Sechslinge nach dem Typus des Aragonits erkennen lassen. Die seltenen einfachen Krystalle dieser Form zeigen auf der Basis den spitzen ebenen Winkel von 110 : $1\bar{1}0$ zu

72—73°. Daneben entstehen stets lang dornenförmige Krystalle mit rechtwinklig ansetzenden dornförmigen Nebenindividuen; 5) quadratische und oktogonale dünne Täfelchen, die sich oft zu dicktafelförmigen oder kugligen und knospenförmigen Aggregaten gruppiren. Die Tafeln sind im parallelen Lichte isotrop, also wohl quadratisch. — Die Formen 1 und 2 gehen in der Lösung allmählig in die Formen 4 und 5 über. — Verdunstet man die Lösung von Yttriumsulphat auf dem Objectgläschen bis zur Krystallbildung und lässt dann einen Tropfen concentrirter Oxalsäure zutreten, so bilden sich auf den Kryställchen die kugligen und knospenförmigen Aggregate der Form 5 und mit abnehmender Wirkung des Reagens immer reiner die quadratischen Tafeln. — Auch durch Zusatz von oxalsaurem Ammoniak zu Yttriumsulphatlösungen entstehen quadratische und oktogonale Blättchen des tetragonalen Systems.

Erbium verhält sich bei analoger Behandlung genau wie Yttrium.

Chlor. Der Nachweis wird hauptsächlich bei den Mineralien der Sodalithgruppe wichtig. Man bringt die gepulverte Substanz in den kleinen halbkugelförmigen Platintiegel und übergiesst mit etwas concentrirter Schwefelsäure. Der Tiegel wird mit einem kleinen Deckgläschen bedeckt, an dessen unterer Fläche ein Tropfen Wasser hängt, während auf der oberen Fläche ein Tropfen Wasser zur Kühlung dient. Man erwärmt mässig und fängt die entweichende Salzsäure in dem Tropfen am Deckgläschen auf. Nach Entfernung des Kühltropfens wird das Deckgläschen abgehoben und der daran hängende Tropfen mit dem Destillat auf ein Objectglas gebracht. Setzt man in die Mitte desselben ein Körnchen Thalliumsulphat, so bilden sich Oktaëder und die Combinationen von O . ∞O des Thalliumchlorids. Dieselben sind stark lichtbrechend und durch Totalreflexion bei schwachen Vergrösserungen nahezu undurchsichtig. Oder man fällt in dem Tropfen mit Silbernitrat käsiges Chlorsilber, setzt starke Ammoniakflüssigkeit zu und erhält nach dem Eintrocknen die stark lichtbrechenden regulären Kryställchen (O und ∞O∞, seltener mit ∞O) des Chlorsilbers. — Man vergleiche auch die Reaction auf S. 222.

Fluor. Fluorhaltige Silikate destillirt man mit Schwefelsäure, wenn sie in dieser löslich sind. Ist das nicht der Fall, so schliesst man in dem Platintiegelchen mit dem doppelten Volum Soda auf, dampft die geschmolzene Probe mit Essigsäure bis zur Trockne ab, um das spätere Spritzen zu vermeiden, befeuchtet mit Schwefel-

säure und bedeckt das Tiegelchen mit einem convexen Platindeckelchen, welches man sich aus dünnem Platinblech über Blei klopft. An der nach unten gewandten convexen Seite wird ein Tropfen Wasser zur Aufnahme des Destillats gehängt, oben auf der concaven Seite mit Wasser gekühlt. Man erwärmt mässig und hört auf, ehe Schwefelsäuredämpfe entweichen. Bringt man nun den Tropfen mit dem destillirten Fluorsilicium auf ein mit Canadabalsam überzogenes Objectglas, so giebt ein Zusatz von Chlornatrium beim Eintrocknen die hexagonalen oben beschriebenen Kryställchen von Na_2SiFl_6. — Enthält das zu untersuchende Mineral keine SiO_2 (Fluorit), so mischt man es mit pulveriger Kieselsäure.

Schwefel kommt als Schwefelsäure zum Nachweis; man fällt mit Chlorbaryum oder setzt ein Kalksalz zu und erhält die charakteristischen Gypskrystalle.

Phosphor tritt unter den gesteinsbildenden Mineralien nur in den Phosphaten auf. Die löslichen werden unmittelbar mit salpetersaurer Lösung von molybdänsaurem Ammoniak behandelt und geben beim Eintrocknen die im auffallenden Lichte gelblichen, im durchfallenden Lichte grünlichen rhombendodekaëderähnlichen Kryställchen des bekannten Niederschlags (Taf. XII Fig. 6). War die angewandte Probe nicht rein und vermuthet man die Anwesenheit gelöster Kieselsäure, so wird die Lösung zunächst auf dem Objectglas eingetrocknet und die Kieselsäure unlöslich gemacht, dann wieder in Salpetersäure gelöst und das Reagens zugesetzt. — Unlösliche Phosphate werden zuvor mit Soda aufgeschlossen. — Ebenso scharf ist die Reaction mit Salmiak und Magnesiasulphat, wodurch man die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia in den Krystallen (Taf. XII Fig. 4 u. 5) erhält.

Silicium. Wird der Nachweis von Kieselsäure nothwendig, so schmilzt man nach VAN WERVEKE ein Körnchen der Probe mit Soda am Platindraht. Bringt man die Perle auf einen mit Balsam überzogenen Objectträger und befeuchtet mit wässriger Flusssäure, so bilden sich beim Eintrocknen die Taf. X Fig. 5—6 und Taf. XI Fig. 1 dargestellten Kryställchen von Na_2SiFl_6. Die Flusssäure ist vorher durch blinden Versuch auf einen Gehalt an Kieselflusssäure zu prüfen.

Bor. Tritt in den gesteinsbildenden Mineralien nur zusammen mit Kieselsäure auf. Man löst die Probe mit Flusssäure und Schwefelsäure im Platintiegelchen und dampft bis zur Trockniss ein, um den grössten Theil des Siliciumfluorids zu verjagen. Hierauf

wird wieder Flusssäure zugesetzt. Das Tiegelchen mit dem convexen Platindeckel bedeckt, an dessen Unterfläche ein Wassertropfen hängt und bis zu beginnender Entweichung von Schwefelsäuredämpfen erwärmt. Der Wassertropfen hat alsdann die Destillate von Fluorsilicium und Fluorbor aufgenommen. Man verdampft den Tropfen, erwärmt bis zu 120°, löst nach einigen Minuten den Rückstand in Wasser, bringt auf ein Objectglas und setzt Chlorkalium zu. Es bilden sich beim Eintrocknen die rautenförmigen Krystalltafeln des Kaliumfluoborats (Fig. 95). — Hat man das Siliciumfluorid nicht verjagt, so erhält man daneben reichliche Oktaëder von Kaliumfluosilicat. — Die als Turner'sche Probe bekannte Flammenreaction auf Bor bedarf keiner Beschreibung.

Fig. 95.

Titan. Schmilzt man eine Probe eines titanhaltigen Minerals am Platindraht vorsichtig mit einem Korn entwässerten Kaliumbisulphats zusammen, bringt die Schmelze auf einen Porcellanscherben und befeuchtet sie mit einem Tropfen Wasserstoffsuperoxyd in wässriger Lösung, so färbt sich die Probe und die Lösung gelb bis orangegelb, je nach der Menge der vorhandenen Titansäure*. Die Reaction ist auch bei den kleinsten Mengen überaus scharf.

Zirkon. Man schmilzt das feine Pulver der Probe im Platintiegelchen mit Soda im Gewichtsverhältniss 1 : 2 wenige Minuten bei lebhafter Rothgluth. Die mit heissem Wasser, welches zweckmässig mit HCl angesäuert werden kann, ausgelaugte Schmelze liefert durchsichtige wasserhelle, oder durch Platin aus dem Tiegel gelblich gefärbte hexagonale Lamellen, welche sich gern glimmerartig übereinander packen (Taf. XIII Fig. 1). Dieselben sind einaxig und optisch negativ und stellen eine mit Tridymit isomorphe Modification der Zirkonerde dar, zeigen auch oft die Feldertheilung der Tridymittafeln und sind dann doppelbrechend. Hat man nicht hinreichend ausgelaugt, so findet man neben den Tafeln von Zirkonerde auch stark doppelbrechende rhomboëdrische Krystalle von Natriumzirkoniat. Es genügen 0.005 gr von Zirkon zur Reaction. — Hat man grössere Mengen der Probe genommen und das Gewichtsverhältniss zu Soda, wie 1 : 10 gewählt, so erhält man nach etwa 5 Minuten heller Rothgluth von der ausgelaugten Schmelze

* Schöner, Ueber das Verhalten des Wasserstoffsuperoxyds zu Molybdän- und Titansäure. Zeitschr. f. analyt. Chemie 1870. IX. 41.

einen krystallinen Rückstand quadratischer Krystalle und Wachsthumsformen und Zwillinge von ZrO_2, deren Formen anscheinend identisch sind mit den von Nordenskjöld an Krystallen von ZrO_2 beobachteten, welche aus Borax auskrystallisirt waren. Auch sie sind oft durch Platinaufnahme gelb gefärbt und sehr stark lichtbrechend. — Aus Lösungen von Zirkoniumsulphat fällt nach H. Behrens HKC_2O_3 farblose Pyramiden, vermuthlich des quadratischen Systems, welche sich leicht in HCl lösen. In Lösungen von TiO_2 bewirkt HKC_2O_3 keine Fällung. — RbCl und CsCl scheiden aus Zirkoniumsulphat farblose Oktaëder ab nach demselben Autor. In Schwefelsäure unlösliche Zirkonverbindungen werden am besten durch Schmelzen mit NaOH und H_4NFl und Abdampfen mit Ueberschuss von H_2SO_4 aufgeschlossen.

Zinn ist im Cassiterit in den granitischen Gesteinen wohl nicht gerade selten. Die schwere Angreifbarkeit durch Säuren macht die chemische Isolirung leicht. Man unterscheidet von Rutil und Zirkon durch die rubinrothe Färbung, welche eine Kupferperle annimmt, wenn man die Probe in der Reductionsflamme damit zusammenschmilzt. Es genügen winzigste Pröbchen, wenn man die Perle nicht zu gross nimmt. — In Lösungen von $SnCl_4$ fällt Chlorcaesium farblose Oktaëder von Cs_2SnCl_6. Chlorkalium giebt die gleiche Reaction. Ist das Zinn als $SnCl_2$ vorhanden, so entstehen bei Zusatz von KCl zunächst achtstrahlige doppelbrechende Sterne. bei weiterer Verdunstung scharfe und oft flächenreiche, meist nach der Fläche 100 flache prismatische Krystalle von starker Doppelbrechung.

Wolfram. Man schmilzt ein kleines Pröbchen mit Kaliumnitrat auf einem Porcellanscherben oder in der Platinschlinge zusammen, löst in Wasser und bringt die Lösung von Kaliumwolframiat auf einen Objectträger. Nach ausreichender Verdünnung entstehen bei Zusatz von Chlorcalciumlösung sehr kleine, erst bei 500facher Vergrösserung deutlich erkennbare würfelähnliche, meistens etwas gerundete Kryställchen, quadratische Tafeln und beiderseits zugespitzte Säulchen von Calciumwolframiat. — Thalliumsulphat fällt aus den alkalischen Lösungen die Wolframsäure in Form ziemlich grosser hexagonaler Täfelchen von Tl_2WoO_4. Doch giebt Molybdän die gleiche Reaction.

Tantal und Niob. Man schmilzt die fein gepulverte Probe am Platindraht mit Phosphorsäure zu einer Perle. Die Auflösung der Niob- und Tantalsäure tritt nur sehr langsam aber vollständig

ein. Die feingepulverte Probe wird in reichlichem Wasser gelöst. Bringt man einige Tropfen der Lösung auf ein flaches Uhrglas und übersättigt mit NaHO, so fallen feine farblose Prismen des tantalsauren und niobsauren Natrons in einzelnen Krystallen und büschelförmigen oder sternförmigen Gruppen aus. Die Säulchen zeigen gerade Auslöschung. Bei reichlicher Anwesenheit von Tantalsäure und aus sehr verdünnter Lösung bilden sich ferner hexagonale dünne Tafeln von $4Na_2O$, $3Ta_2O_5 + 25$ aq, aus deren Mitte bisweilen büschelförmige Aggregate herauswachsen (Fig. 96). — Dieselben Krystallisationen erhält man beim Aufschliessen der Niobate und Tantalate mit Soda am Platindrahte oder besser mit Aetznatron im Silbertiegel. Die Sodaperle habe etwa Stecknadelkopfgrösse; die Zersetzung pflegt rasch unter einigem Aufbrausen vor sich zu gehen und man thut gut, die Perle $^1/_2$—$^3/_4$ Minuten in der Glühhitze zu lassen. Die Perle wird in einem Tropfen Wasser

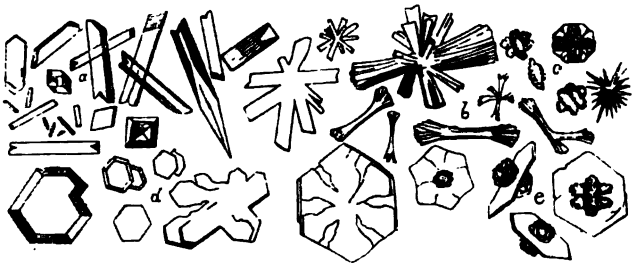


Fig. 96.

auf das Objectglas gelegt und löst sich in einigen Minute unter Hinterlassung eines unbestimmbaren krystallinischen Rückstandes. Mit fortschreitender Verdunstung des Wassers scheiden sich die hexagonalen Kryställchen und Wachsthumsformen, seltener die rhombischen Krystallformen aus. — Die Reaction tritt nicht immer und nicht mit allen Salzen der Niob- und Tantalsäure ein. — Eine sehr charakteristische und einfache Reaction auf Niob- und Tantalsäure ist die folgende. Beim Kochen mit concentrirter Schwefelsäure werden die Niobate und Tantalate theils ganz, theils so weit zersetzt, dass ein Theil der Säuren in Lösung geht. Giesst man die Lösung vom Rückstande ab, verdünnt mit Wasser und fügt Zinkstaub hinzu, so nimmt sie sogleich oder nach einigen Minuten eine lebhaft sapphirblaue Farbe an, welche allmählig durch olivengrüne Töne ins Tintige oder Violette übergeht und endlich unter Absatz eines feinen weissen Pulvers verbleicht. Es empfiehlt sich, auf

20 mgr des feinen Mineralpulvers 0.7—0.8 ccm concentrirte Schwefelsäure anzuwenden, die Lösung auf 2—3 ccm zu verdünnen und Zinkstaub etwa vom Volum einer Erbse zuzusetzen. Bei Polykras und Aeschynit wurde die Lösung nach HAUSHOFER's Versuchen zuerst violett und ging dann in tiefes Sapphirblau über.

Vanadium. Man schmilzt die Probe (2—3 mgr) in der Platinschlinge mit der 10—15fachen Menge Kaliumnitrat, dem etwas Soda

Fig. 97.

zugesetzt werden kann, in guter Hitze rasch zusammen, laugt die Schmelze mit einigen Tropfen Wasser aus, bringt einen Tropfen der Lösung auf das Objectglas und legt ein Körnchen Salmiak hinein. Bei der Auflösung bilden sich bald, zumal am Rande des Tropfens, viele kleine wetzsteinförmige und grössere elliptisch umgrenzte, oder keilförmige, stark doppelbrechende Kryställchen (Fig. 97) von Ammoniummetavanadinat.

Specieller Theil.

Die Bestimmung der Mineralien unter dem Mikroskop stützt sich vorwiegend auf die Erforschung der optischen Eigenschaften in ihren Beziehungen zu den durch Umrisse und Blätterdurchgänge angedeuteten Krystallformen. Es wird dadurch selbstverständlich, dass die Anordnung der zur Besprechung gelangenden Mineralien in dem beschreibenden Theile dieses Buches eine solche nach den Krystallsystemen sein muss. Aus dem einleitenden allgemeinen Theil ergiebt sich, dass die Mineralkörper nach ihrer optischen und krystallographischen Charakteristik sich in folgende Gruppen gliedern:

1. Isotrope Mineralien		amorphe Substanzen regulär krystallisirend
2. Anisotrope Mineralien	a. mit einer optischen Axe (optisch einaxig)	quadratisch krystallisirend hexagonal krystallisirend
	b. mit zwei optischen Axen (optisch zweiaxig)	rhombisch krystallisirend monoklin krystallisirend triklin krystallisirend

Es giebt ausserdem eine kleine Anzahl kryptokrystalliner Substanzen, welche sich mit Sicherheit als solche durch ihre Doppelbrechung charakterisiren, die aber stets nur in so mangelhafter Formenausbildung und so mikroskopischer Aggregation auftreten, dass sich ihr Krystallsystem nicht mit Sicherheit feststellen lässt. Dieselben sollen als Aggregate zusammengestellt werden.

Obgleich sich nun aus dem allgemeinen Theil die Methoden der mikroskopischen Mineralbestimmung eigentlich von selbst ergeben, möge dennoch hier der Gang, den man bei einer solchen Bestimmung einzuschlagen hat, kurz angegeben werden.

Man wird sich zunächst die Frage vorzulegen haben, ob die fragliche Substanz eine optisch einheitliche oder ein Aggregat sei, dessen Einzelindividuen sich nicht nach Form und Verhalten gegen

polarisirtes Licht ihrem Krystallsystem nach bestimmen lassen. Eine Substanz wird sich als eine einheitliche, als ein Individuum daran erkennen lassen, dass sie in ihrer ganzen Ausdehnung dasselbe optische Verhalten zeigt, soweit dieses nicht durch etwaige Zwillingsbildung modificirt wird. Man wird also die Substanz zwischen gekreuzten Nicols in parallelem Licht studiren und untersuchen, ob bei Doppelbrechung die Auslöschung durch die ganze Ausdehnung derselben hin, oder doch in den einzelnen verzwillingten Individuen, gleichzeitig bei entsprechender Drehung mit dem Mikroskoptisch eintritt. Ist dieses nicht der Fall, sondern zerfällt die in gewöhnlichem Licht anscheinend einheitliche Substanz in eine Anzahl unregelmässig gegen einander begrenzter, oder zu einem kugligen Gebilde verbundener, strahliger oder blätteriger, nicht einzeln bestimmbarer Individuen, für deren Gesammtheit niemals gleichzeitig die Auslöschung bei Drehung zwischen gekreuzten Nicols stattfindet, so liegt ein krystallines Aggregat vor (cf. S. 68).

Wurde die Substanz als eine optisch einheitliche erkannt, so ist zu untersuchen, ob dieselbe zu den isotropen oder anisotropen gehöre. Eine isotrope Substanz, bei welcher die Elasticität des Lichtäthers nach allen Richtungen die gleiche ist, ist nach S. 131 dadurch charakterisirt, dass dieselbe bei einer vollen Drehung zwischen gekreuzten Nicols im parallelen Lichte dunkel bleibt, während sie bei parallelen Nicols in jeder Lage die gleiche Helle und die gleiche Farbe zeigt. In keinerlei Stellung und bei keinerlei Richtung der Nicols zu einander kann eine isotrope Substanz Interferenzfarben zeigen. Da nun auch eventuell doppelbrechende einaxige Körper dasselbe Verhalten besitzen können, wenn sie nämlich senkrecht zur optischen Axe getroffen wurden, so wird man, nachdem das isotrope Verhalten im parallelen Lichte constatirt wurde, im convergenten Lichte prüfen. Erhält man hiebei nicht die Interferenzfigur der einaxigen Körper, so ist die Substanz sicher isotrop und also amorph oder regulär. Um nicht eine sehr geringe Doppelbrechung, welche bei der blossen Untersuchung zwischen gekreuzten Nicols im weissen Lichte zumal dann leicht zu Täuschung Veranlassung geben könnte, wenn das Gesichtsfeld nicht vollkommen lichtlos, sondern grau erscheint, zu übersehen, wird man sich einer der S. 148 ff. beschriebenen stauroskopischen Methoden bei der Prüfung im parallelen Lichte bedienen.

Die Entscheidung, ob eine isotrope Substanz amorph oder regulär sei, wird sich im Allgemeinen leicht aus der Formenentwicklung

und aus dem Vorhandensein oder Fehlen von Spaltdurchgängen ergeben. Amorphe Körper zeigen keine selbständige Begrenzung. sondern sind in ihrer Gestalt stets von den sie umgebenden Substanzen abhängig; sie können keine Spaltbarkeit besitzen. Linien innerer Trennung sind demnach nicht geradlinig, wenn sie überhaupt vorhanden sind.

Hat man sich von der Anisotropie der untersuchten Substanz überzeugt, so wird zunächst festzustellen sein, ob sie zu den optisch einaxigen oder optisch zweiaxigen gehöre. Man sucht unter den vorhandenen Durchschnitten diejenigen auf, welche bei einer Drehung zwischen gekreuzten Nicols im parallelen Lichte die geringsten Farbenunterschiede zeigen, womöglich solche, die in jeder Lage ganz gleich dunkel oder gleichmässig hell erscheinen. Die ersteren werden alsdann im convergenten Lichte das Axenkreuz der einaxigen Substanzen (S. 174), die zweiten den Axenbalken der zweiaxigen (S. 178) mit oder ohne isochromatische Curven zeigen. Alle andern Schnitte werden zwischen gekreuzten Nicols bei einer vollen Drehung viermal in Abständen von 90° ein Maximum der Auslöschung und in den Zwischenstellungen eine Interferenzfarbe zeigen, die ihr Maximum genau in der Mitte zwischen zwei Auslöschungsrichtungen zeigt. Bei parallelen Nicols wird die Substanz hell erscheinen in denjenigen Stellungen, wo sie vorher dunkel war, in jeder andern Lage erscheint sie wieder in einer Interferenzfarbe, welche complementär zu derjenigen ist, welche sie vorher zwischen gekreuzten Nicols aufwies.

Hat man die Substanz als optisch einaxig erkannt, so wird die Entscheidung zwischen dem quadratischen und hexagonalen System durch die Spaltbarkeit und die Krystallform gefunden. Bei quadratischen Substanzen sind die isotropen Durchschnitte, welche Axenbilder im convergenten Licht zeigen, quadratisch oder oktogonal umgrenzt oder zeigen zwei zu einander rechtwinklige Spaltbarkeiten. — Bei hexagonalen Substanzen sind die Umrisse hexagonal, trigonal (R) oder neunseitig, beziehungsweise bilden die Spaltrisse gleichseitige Hexagone oder Dreiecke. — Die nicht isotropen Schnitte der quadratischen oder hexagonalen Mineralien können je nach der Krystallform der Substanz sehr verschiedene Umrisse zeigen. Alle Schnitte aus der Prismenzone werden jedoch herrschend parallele Kanten und parallele Spaltbarkeiten, resp. disymmetrische Umrisse und Spaltlinien zeigen und die Auslöschung wird jedesmal eintreten, wenn deren Symmetrierichtungen (Projec-

tion der Axe c und einer dazu senkrechten) den Nicolhauptschnitten parallel liegen. Auch bei Durchschnitten aus andern Zonen werden die Auslöschungsrichtungen zu den symmetrischen Richtungen in denselben parallel oder senkrecht liegen, so lange solche vorhanden sind.

Wurde die Substanz als anisotrop und optisch zweiaxig erfunden, so erübrigt die Bestimmung des Krystallsystems als rhombisch, monoklin oder triklin. Es wird das in manchen Fällen durch Untersuchung der Axendispersion in solchen Schnitten möglich werden, welche senkrecht zur spitzen Bissectrix liegen. Der Natur der Sache nach sind solche Schnitte jedoch selten und man wird im Allgemeinen auf die Erforschung der Lage der Elasticitätsaxen angewiesen sein.

Dieselben liegen im rhombischen System parallel den Krystallaxen. Es werden also alle Schnitte aus einer Zone oP : ∞P∞ (001 : 010), oP : ∞P∞ (001 : 100), ∞P∞ : ∞P∞ (010 : 100) parallel der Zonenaxe auslöschen. Diese Zonenaxe ist durchweg leicht aus der Gestalt der Umrisse, welche disymmetrisch oder monosymmetrisch sind, beziehungsweise aus den Blätterdurchgängen zu erkennen. Letztere sind bei den gesteinsbildenden rhombischen Mineralien pinakoidal oder prismatisch und die Auslöschung, durch welche ja die Lage der Elasticitätsaxen erkannt wird, liegt parallel und senkrecht zu den Spaltrissen, wenn diese parallel sind, halbirt ihre Winkel, wenn die Spaltrisse sich schneiden. Bei Schnitten, welche nicht einer der genannten Hauptzonen angehören, werden die Auslöschungen parallel und senkrecht zu den Symmetrierichtungen der Umrisse oder Blätterdurchgänge liegen, solange solche vorhanden sind. Zur genauen Bestimmung der Auslöschungsrichtungen wird man sich oft stauroskopischer Methoden zu bedienen haben. — Prüft man die Schnitte aus den drei Hauptzonen im convergenten Lichte, so wird man darunter solche finden, welche Bissectricenaustritt wahrnehmen lassen und wo man diese an Spaltblättchen beobachtet, wird die Bissectrix senkrecht (bei pinakoidaler) oder einseitig schief (bei prismatischer Spaltbarkeit) austreten.

Im monoklinen System fällt nur eine Elasticitätsaxe mit der Krystallaxe b zusammen. Umrisse und Spaltbarkeit können symmetrische Figuren nur noch in der Zone oP : ∞P∞ (001 : 100) bilden und in diesen liegen die Auslöschungen parallel den Symmetrierichtungen, d. h. parallel und senkrecht zur Axe b. In der verticalen Zone, sowie in der Zone oP : ∞P∞ (001 : 010) liegen die Aus-

löschungen nicht mehr parallel den Umrissen, beziehungsweise den Spaltbarkeiten, welche in diesem Systeme parallel (oP, ∞P∞) oder in der Projection wenigstens senkrecht (∞P∞, ∞P) zur Axe b laufen. Diese schiefe Auslöschung bildet ein wichtiges Charakteristikum. Spaltblättchen monokliner Mineralien nach Pinakoiden können nur dann genau senkrechten Bissectricenaustritt zeigen, wenn das Pinakoid die Symmetrieebene ist; die Dispersion ist alsdann gekreuzt; auf andern Pinakoiden findet entweder gar keiner oder ein einseitig schiefer Bissectricenaustritt statt. Zeigt sich Bissectricenaustritt auf einem Spaltblättchen nach einem Prisma, so ist derselbe schief mit Beziehung auf beide Halbirungslinien des Gesichtsfeldes.

Im triklinen System sind alle Schnitte asymmetrisch. Die Auslöschungen liegen im Allgemeinen allenthalben schief gegen die Umrisse oder gegen die Spaltlinien.

Diese Angaben lassen sich schematisch etwa folgendermassen zusammenfassen:

I. Die Substanz hat in ihrer ganzen Ausdehnung gleiche optische Orientirung, oder die optisch verschieden orientirten Theile sind geradlinig gegen einander abgegrenzt (Zwillinge) **homogen und einheitlich**

1) Alle Durchschnitte derselben Substanz bleiben bei einer vollen Drehung zwischen gekreuzten Nicols im parallelen Licht dunkel und geben im convergenten Lichte keine Interferenzfigur . . . . isotrop

1 a) es fehlt jede selbständige Formenausbildung und jede Spaltbarkeit amorph

1 b) selbständige Formenausbildung, beziehungsweise Spaltbarkeit ist vorhanden . . . . . regulär

2) Die Durchschnitte zeigen im Allgemeinen zwischen gekreuzten Nicols eine Interferenzfarbe und werden bei einer vollen Drehung viermal in Winkelabständen von 90° dunkel. Die in jeder Lage zwischen gekreuzten Nicols dunkel oder doch annähernd dunkel bleibenden Durchschnitte lassen im convergenten Licht ein dunkles Kreuz mit oder ohne isochromatische Kreise wahrnehmen,

dessen Arme sich bei Drehung des Präparats parallel mit sich selbst verschieben oder unverändert bleiben . . . anisotrop, optisch einaxig

2 a) die das Interferenzbild der einaxigen Körper zeigenden Durchschnitte sind quadratisch (oktogonal) oder zeigen sich rechtwinklig schneidende Spaltrisse . . . . . quadratisch

2 b) die das Axenbild gebenden Durchschnitte zeigen hexagonale, trigonale oder neunseitige Begrenzung, beziehungsweise drei Systeme von Spaltrissen, die sich unter 60° schneiden . . . . . hexagonal

3) Die Durchschnitte zeigen im Allgemeinen zwischen gekreuzten Nicols eine Interferenzfarbe und werden bei einer vollen Drehung viermal in Winkelabständen von 90° dunkel. Es giebt keine in jeder Lage dunkel bleibenden Schnitte. Die keine Interferenzfarbe, sondern in jeder Lage gleichmässige Helle zeigenden Schnitte lassen im convergenten Lichte den Austritt einer optischen Axe erkennen . . . . . anisotrop, optisch zweiaxig

3 a) die Schnitte der drei Hauptzonen sind nach Umrissen und Spaltbarkeit symmetrisch und die Auslöschungen liegen zu den Symmetrierichtungen parallel und senkrecht . . . . . rhombisch

3 b) nur in der Zone oP : ∞P∞ sind Umrisse und Spaltbarkeiten symmetrisch und nur in dieser Zone liegen die Auslöschungen zu den Symmetrierichtungen parallel und senkrecht . . . . . monoklin

3 c) in allen Zonen sind die Umrisse, Spaltbarkeiten und Auslöschungen unsymmetrisch . . . . . triklin

II. Verschiedene Theile derselben Substanz zeigen ein verschiedenes optisches Verhalten und die einzelnen Theile sind nicht gesetzmässig gegen einander begrenzt oder optisch orientirt . . . . . **Aggregate.**

Dass bei den spärlichen, unter gewöhnlichen Verhältnissen im Dünnschliff undurchsichtig bleibenden Substanzen die Bestimmung des Krystallsystems nach Umrissen und Spaltbarkeit allein versucht werden muss, ist selbstredend. — Es giebt jedoch eine nicht unbeträchtliche Anzahl vollkommen durchsichtiger Mineralien, deren optisches Verhalten z. Th. in scheinbarem Widerspruch steht mit ihrer Krystallisation (optisch anomale Mineralien), oder deren optisches Verhalten in gewissen Einzelheiten sich in auffallender Weise demjenigen eines andern Krystallsystems nähert, als des ihnen zugehörigen. Optisch anomale Körper sind unter den regulären, wie unter den quadratischen und hexagonalen in grösserer Anzahl vorhanden; manche Granate, der Perowskit, Leucit, Apophyllit, Tridymit sind bekannte Beispiele. Unter den Substanzen, die in manchen Einzelheiten ihres optischen Verhaltens sich einem ihnen fremden Krystallsystem annähern, sind besonders die Mineralien der Glimmer- und Chloritfamilie zu nennen; dieselben sind nach ihrer Gebahrung im polarisirten Lichte oft sehr nahezu z. Th. von einaxigem, z. Th. von rhombischem Charakter. — Von triklinen Mineralien besitzen Oligoklas und Andesin in der Zone ihrer Hauptspaltbarkeit eine annähernd monokline Orientirung der Auslöschungsrichtungen.

Amorphe Mineralien.

Amorphe Mineralien entstehen, soweit die Erfahrungen heute reichen, durch Erstarrung von Schmelzflüssen oder durch Festwerden von Gallerten. Die ersteren könnte man Gläser, die letzteren Opale nennen, wenn man nicht aus der Mineralogie die Bezeichnungen als hyaline und porodine Substanzen herübernehmen wollte.

Die Gläser treten z. Th. in selbständigen geologischen Körpern auf und sind alsdann unter den Gesteinen zu behandeln, wie der Obsidian, Perlit, Bimsstein, Pechstein, Tachylyt, Hyalomelan. Palagonit, Sideromelan, Sordawalit und Wihtisit, oder dieselben erscheinen als Krystallisationsrückstände gewissen porphyrischen Gesteinen beigemengt. Da ihnen in diesem Falle keinerlei gesetzmässige stöchiometrische Constitution eignet, ihre Zusammensetzung vielmehr in weiten Grenzen schwankt, je nachdem die ihrer Erstarrung vorausgehenden Krystallausscheidungen nach Art und Menge verschieden sind, können sie nicht als Mineralien betrachtet werden, sondern müssen ihre Beschreibung bei denjenigen Gesteinsgruppen finden, in denen sie angetroffen werden.

Unter den wenigen bekannten porodin amorphen Mineralien haben nur die verschiedenen Erscheinungsformen der amorphen Kieselsäure eine weitere Verbreitung in der Gesteinswelt, grösstentheils als Auslaugungs- und Zersetzungsproducte von Silikaten. anderntheils in Gestalt concretionärer Massen, in denen sich die durch Organismen aus wässrigen Lösungen fixirte und so manchen sedimendären Gesteinen zugeführte Kieselsäure anhäufte, wohl nur zum sehr kleinen Theil, wenn überhaupt je, als letzter Krystallisationsrückstand saurer Eruptivmassen.

Opal.

Literatur.

H. Behrens, Mikroskopische Untersuchungen über die Opale. Sitzber. d. Wien. Akad. LXIV. 1871. 1. Abthl.

E. Reusch, Ueber einen Hydrophan von Czerwenitza. Pogg. Ann. CXXIV. 1865. 431

Max Schultze, Verhandlungen des naturhist. Ver. der preuss. Rheinlande und Westphalens. XVIII. 1861. 69.

Sir David Brewster, On the cause of the colours in precious opal. — Edinb. New Phil. Journ. by Jameson XXXVIII. 1845. 385.

Das je nach Farbe und vorhandenem oder fehlendem Farbenspiel in die Varietäten edler Opal, Feueropal und gemeiner Opal geschiedene Kieselsäurehydrat ist vollkommen amorph und einfach brechend. Der Opal bildet unregelmässig begrenzte Partien, Schnüre und Adern, auch wohl Pseudomorphosen nach Feldspath, Augit und nach andern Mineralien in zersetzten Eruptivgesteinen der Trachyt- und Andesitreihe und verwandter älterer Massengesteine. Die Substanz des Opals ist oft durch Reste der Gemengtheile der genannten Gesteine, auch wohl durch Eisenglanzblättchen oder sehr kleine und unbestimmbare staubförmige Körperchen verunreinigt. — Matte Stellen im auffallenden Lichte, welche auch im durchfallenden Lichte trübe erscheinen, gehören nach Behrens dem Hydrophan an. Dieselben nehmen Wasser begierig auf, indem bei diesem Vorgange Luftbläschen entweichen und werden dann vollkommen durchsichtig. Befeuchtet man sie, statt mit Wasser, mit einem Farbstoffe (Fuchsin) in wässriger oder alkoholischer Lösung, so imbibiren sie sich stark und verlieren nur schwierig die angenommene Farbe durch Behandlung mit kochendem Alkohol.

Wenn, wie das nicht eben selten ist, der Opal innerhalb der Gesteine oder auf Klüften derselben die Kugelform annimmt, so zeigt er oft sehr schön im parallelpolarisirten Licht das Interferenzkreuz der amorphen sphärischen Substanzen mit centripetaler Verdichtung (p. 70).

Die oft recht energische Doppelbrechung, welche zumal die edleren Varietäten des Opals gelegentlich zeigen, ist durch Spannungen bedingt, welche durch das ungleichmässige Eintrocknen der Kieselgallerte erzeugt sein dürften. — Das schöne Farbenspiel des edlen Opals wurde von Brewster durch das Vorhandensein reihenförmig gruppirter Hohlräume erklärt, deren wechselnde Dimensionen die verschiedenen Farben erzeugen sollten. — Reusch bemerkte, dass die Farbenphänomene beim edlen Opal und Hydrophan im auffallenden und durchfallenden Lichte complementär seien und erklärt dieselben durch die Annahme von Sprüngen, welche den Platten parallel oder wenig zu ihrer Oberfläche geneigt seien und wie dünne Blättchen wirkten. — Behrens konnte keine Hohlräume an den von ihm untersuchten Opalen auffinden und erklärt die Farbenphänomene durch dünne Lamellen eines Opals von abweichendem Brechungsexponenten, welche dem normalen Opal eingelagert seien.

Da das Brechungsvermögen der Opale mit ihrem Wassergehalt sich ändert, so könnte man annehmen, dass der ungleiche Wassergehalt innerhalb der Opalmasse das Farbenspiel verursache.

Des Cloizeaux bestimmte

am farblosen irisirenden Opal von Guatemala .	$n_\varrho = 1.446$
am nicht irisirenden Opal ebendaher	$n_\varrho = 1.442$
am tiefgelben Feueropal ebendaher	$n_\varrho = 1.450$
an weissen Hydrophanen vor der Imbibition .	$n_\varrho = 1.406$
„ „ „ nach der Imbibition .	$n_\varrho = 1.446$
an einem andern Exemplar vor der Imbibition .	$n_\varrho = 1.266$
„ „ „ „ nach der Imbibition	$n_\varrho = 1.406$

Bei dem geringen Werthe des Brechungsexponenten der Opale gegenüber demjenigen des Canadabalsam kann man dieselben leicht übersehen und eine Opalpartie im Präparat für einen mit Balsam erfüllten Hohlraum halten.

Der wasserhelle Hyalit bildet gern traubige und nierenförmige Aggregate auf Klüften und in Hohlräumen der phonolithischen, tephritischen und basaltischen Eruptivgesteine. Des Cloizeaux bestimmte am Hyalit $n_\varrho = 1.437$ und in einem andern Falle $= 1.455$. Max Schultze machte zuerst die Entdeckung, dass der Hyalit doppelbrechend sei und unter gewissen Bedingungen das Interferenzkreuz einaxiger Substanzen mit isochromatischen Curven zeige. Er führte die Erscheinung auf Spannungsverhältnisse zurück, welche durch die concentrische Schalentextur des Minerals bedingt werden und vergleicht sie mit den Polarisationserscheinungen, welche gepresste Glaskugeln zeigen. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Auch gab Schultze bereits an, wie man durch successives Auftragen von Collodium oder Firnissschichten auf ein Glaskügelchen die Erscheinung künstlich nachahmen könne. Das Hyalitkreuz zerfällt oft bei Drehung des Präparats zwischen gekreuzten Nicols in Hyperbeln, was nothwendig dann der Fall sein muss, wenn die einzelnen Schalen nicht regelmässige Kugelschalen sind.

Die gemeinen und Halbopale zeichnen sich von dem Edelopal und Hyalit durch grössere Beimengungen fremder Einschlüsse aus, unter denen besonders der Tridymit von Interesse ist, welchen zuerst G. Rose* in den Opalen von Kosemütz, Island, Hüttenberg, Kaschau und Zimapan auffand. Derselbe tritt in Form rundlicher bis hexagonaler Täfelchen und in Concretionen solcher auf.

Alle Kieselsäurehydrate sind in heisser Kalilauge löslich; man

* Monatsber. d. Berl. Akad. 1869. Sitzung vom 3. Juni S. 449.

kann sich durch diese Reaction oft von der Anwesenheit feinvertheilter Opalsubstanz in Thonschiefern und Sandsteinen überzeugen. — Das specifische Gewicht der Opale schwankt mit ihren Verunreinigungen zwischen 1.9 und 2.3. Für die reinen Varietäten ist sp. G. = 2.2.

Kohlige Substanz

tritt in fein eingesprengten Partikelchen, gelegentlich auch in etwas grösseren Anhäufungen oder aber in so feiner Vertheilung, dass sie nur durch die Färbung der übrigen Mineralien erkennbar wird, in sedimentären Gesteinen der verschiedensten Formationen auf. Diese Kohleflitterchen sind ohne gesetzmässige Begrenzung, undurchsichtig, glanzlos, im auffallenden Lichte grau bis grauschwarz und matt. Säuren sind ohne Wirkung; durch Glühen der Präparate auf Platinblech lassen sie sich verbrennen. Dieselben sind oft mit Eisenerzen (Pyrit, Limonit, Magnetit) innigst gemengt und dann schwer zu verbrennen; behandelt man den geglühten Schliff mit Säure und wiederholt das Glühen, so werden nunmehr die vorher dunkel gefärbten Stellen hell. Ob diese dunklen, verbrennbaren Partikelchen stets Kohle oder z. Th. auch Kohleverbindungen seien, ist nicht festgestellt. Sie färben die Mineralsubstanzen schwarz bis grau und bei sehr feiner Vertheilung bläulich.

Eine genauere Bestimmung erfuhr das kohlige, vielfach für Graphit gehaltene Pigment in den Quarziten der Glimmerschiefer- und Phyllitformation des Erzgebirges, denen dasselbe bei sehr feinem Korn das Aussehen der Kieselschiefer ertheilt, durch Ad. Sauer (Z. D. G. G. 1885. XXXVII. 441). Er identificirte dasselbe durch Analyse eines Vorkommens von Olbersdorf (99.76 C, 0.24 H) mit der Olonetzer Kohle Inostranzeff's, einer chemisch zwischen Anthracit und Graphit stehenden amorphen Kohle (L. J. 1880. I. 97) und nannte es Graphitoid. In den feldspathreichen Gesteinen imprägnirt diese Substanz die Feldspathe bald gleichmässig, bald nur die centralen Theile. In den Glimmerschiefern und Phylliten bedeckt es als russartiger Ueberzug die Schichtflächen oder imprägnirt den Glimmer. In den Quarziten bildet es continuirliche, äusserst dünne, schichtenartige Lagen, deren Verlauf vollständig unabhängig von der Begrenzung der Quarzkörner ist. Dieser Umstand, sowie die von Sauer hervorgehobenen Schrumpfungsphänomene in der Anordnung deuten wohl auf ursprüngliche Kieselschiefernatur dieser Quarzite.

Mineralien des regulären Krystallsystems.

Die Mineralkörper des regulären Krystallsystems unterscheiden sich von allen andern krystallisirten Substanzen durch den Mangel der Doppelbrechung, von den amorphen durch das Vorhandensein gesetzmässiger Begrenzung oder durch das Auftreten geradliniger Spaltrisse, die sich unter gesetzmässigen Winkeln schneiden. Sie bleiben bei einer vollen Umdrehung im parallelen Lichte zwischen gekreuzten Nicols dunkel, geben im convergenten Lichte keine Interferenzfiguren und zeigen im polarisirten Lichte keine Interferenzfarben. Optische Anomalien sind häufig.

Pyrit.

Der Eisenkies ist als zufälliger accessorischer Gemengtheil in allen Gesteinen gelegentlich vorhanden und in kleinen Quantitäten überaus verbreitet. Er bildet Würfel, Pentagondodekaëder oder Combinationen dieser Formen mit der bekannten, durch die oscillatorische Combination von $\infty O \infty$ (100) mit $\frac{\infty O 2}{2}\pi$ (210) bedingten Streifung, seltener unregelmässige Körner und Aggregate solcher. Undurchsichtig, im auffallenden Lichte gelb mit starkem Metallglanz. Diese Farbe unterscheidet ihn von andern undurchsichtigen Eisenerzen. — Chem. Zus. = FeS_2. In Salpetersäure löslich unter Abscheidung von Schwefel; von Salzsäure wird er nicht merklich angegriffen. Sp. G. 4.9—5.2.

Der Eisenkies ist oft mit Magnetit, Hämatit und Ilmenit sehr innig verwachsen. Er ist häufig peripherisch oder vollständig in Limonit, seltener in roth durchsichtigen Hämatit pseudomorphosirt. — Während des Schleifens bemerkt man seine Anwesenheit daran, dass er dunkelgrauschwarze Striche auf dem Stein oder der Glasplatte zieht, eine Eigenschaft, die allerdings alle andern Schwefelverbindungen des Eisens mit ihm theilen.

Magnetit.

Der Magnetit bildet Krystalle, denen vorwiegend die Form O (111) zu Grunde liegt und deren Dimensionen in ein und demselben Gestein oft sehr stark schwanken; Zwillinge nach dem Spinellgesetz mit oft sehr starker Verkürzung nach der Zwillingsaxe; Parallelverwachsungen einfacher Krystalle. Durchschnitte solcher Formen giebt Fig. 98. Polysynthetische Individuen aus zahlreichen in Zwillingsstellung befindlichen dünnen Lamellen, nach einer oder mehreren Flächen des Oktaëders, wurden von mir (Berichte d. naturf. Ges. Freiburg i. B. 1870. 38), Frenzel (L. J. 1875. 684), Cathrein (Z. X. 1886. XII. 47) u. a. beobachtet. In den eisenreichen Eruptivgesteinen sind Krystallskelette (Taf. II Fig. 5) von zierlichster Ausbildung nicht selten. Bei mangelhafter äusserer Formenentwicklung entstehen Körner und staubähnliche Partikel, welche bald einzeln ziemlich gleichmässig durch die Gesteinsmassen vertheilt, bald zu Häufchen verbunden sind. Letztere zeigen in gewissen Massengesteinen (Phonolithe, Trachyte, Andesite, Tephrite) oft eine mehr oder weniger deutliche Annäherung an Krystallformen des Amphibol, Biotit, Hypersthen, seltener des Augit oder bilden untermengt mit andern Substanzen vollkommene Pseudomorphosen nach den genannten Mineralien. Wo das ursprüngliche Mineral Amphibol, Biotit oder Hypersthen war, ist den Magnetitaggregaten Augit in sehr kleinen Körnern und Kryställchen beigemengt (Taf. XIII Fig. 2). Derartige Pseudomorphosen scheinen durch Resorption der älteren, in gewissen Entwicklungsstadien der Magmen nicht mehr bestandfähigen Ausscheidungen bedingt zu sein.

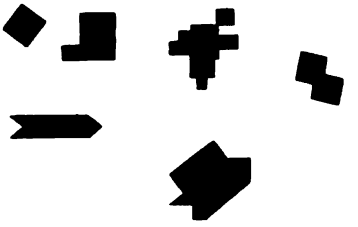


Fig. 98.

Der Magnetit ist undurchsichtig auch im dünnsten Schliff* und zeigt im auffallenden Lichte bläulichschwarze Farbe und starken Metallglanz, welche ihn bei nicht zu winzigen Dimensionen leicht erkennen lassen. Man blende das auf den Spiegel des Mikroskops fallende Licht mit der Hand ab und drehe das Präparat bei nicht zu starker Vergrösserung in seiner eigenen Ebene, um bei geeigneter

* Nach H. Fischer, Kritische, mikroskopisch-mineralogische Studien. II. Fortsetzung. Freiburg 1873. p. 44, ist Magnetit im feinsten Pulver und bei stärkster Vergrösserung roth bis rothbraun durchscheinend bis durchsichtig. Man sollte grüne Farbe erwarten nach dem Verhalten des Pleonast.

Stellung den lebhaften Reflex zu erhalten. — Sp. G. 4.9—5.2. — Die Spaltbarkeit nach O (111) ist gewöhnlich mikroskopisch nicht wahrnehmbar.

Die chemische Zusammensetzung des Magneteisens ist Fe_3O_4. häufig mit einem Titangehalt in wechselnder Höhe, selten mit geringem Gehalt an Chrom. Derselbe löst sich auch im Schliff unschwer in Salzsäure, noch leichter nach einem Zusatz von Jodkalium, also in Jodwasserstoffsäure in statu nascenti. — Bei Behandlung eines Gesteinspulvers mit Flusssäure wird der Magnetit wenig angegriffen. — Man isolirt ihn leicht aus dem Pulver mit einem schwachen Magnetstabe (einer magnetisch gemachten Messerspitze oder Präparirnadel). Dieses Verhalten ist zu benutzen, um ihn von Eisenglanz, Ilmenit, Chromit und Graphit zu unterscheiden, mit denen man ihn möglicherweise verwechseln könnte. Bei Benutzung eines Magnetstabes bringe man das Pulver auf dünnes Postpapier und entferne den Magnetit dadurch, dass man ihn dem unter dem Papier hergeführten Magnetstabe folgen lässt.

Titanfreier Magnetit überzieht sich bei Verwitterung mit einem Mantel von gelbbraunem, nicht metallglänzendem, erdigem Limonit. welcher dann auch das umgebende Gestein imprägnirt und um den Magnetit einen Hof bildet. Bei bedeutenderem Gehalt an TiO_2 bildet sich um den Magnetit oft ein strahliger oder körniger, weisslicher bis gelblicher Hof derselben stark lichtbrechenden Substanz, Titanit oder Leukoxen, welche den Ilmenit (man vergleiche dieses Mineral) so gern umrandet.

Der Magnetit ist nicht selten mit Pyrit sehr innig verwachsen. sowohl in eruptiven, wie in schichtigen Gesteinen; durch Behandlung mit Salzsäure lässt sich dann der Pyrit von Magnetit befreien. — Sehr interessant ist die zuerst von Al. Cathrein* in den chloritischen Strahlsteinschiefern von Alpach und Wildschönau in Tyrol beobachtete und beschriebene Verwachsung des Magnetits mit Rutilnadeln, welche durch Aetzung des Magnetits mit Salzsäure blossgelegt, beziehungsweise isolirt werden können**. Verwach-

* A. Cathrein, Ueber die mikroskopische Verwachsung von Magneteisen mit Titanit und Rutil. Z. X. 1884. VIII. 321—329.

** Die Rutilnadeln liegen parallel den Oktaëderkanten auf den Flächen dieser Form. O. Mügge (L. J. 1889. I. 246) bringt diese Anordnung in Beziehung zu der wahrscheinlich durch Gebirgsdruck bedingten Zwillingslamellirung des Magnetits und erinnert an die von Fr. Becke (T. M. P. M. 1885. VII. 207) bei seinen Aetzversuchen ausgesprochene Vermuthung, dass hohle Canäle parallel den Kanten

sungen mit Ilmenit und Chromit scheinen gleichfalls, die erstere häufig, die letztere selten, vorzukommen. Die erstere wurde in verschiedenen Gabbrogesteinen im auffallenden Lichte beobachtet; aus dem feingepulverten Gemenge lässt sich der Magnetit mit der magnetisirten Präparirnadel ausziehen, während Ilmenit nicht angezogen wird. Cathrein* wies diese Verwachsung am Magnetit des Chloritschiefers des Hörpinger Grundes im Osten des Zamserthales in Tyrol durch Analyse des Magnetits und Ilmenits nach, die an grösseren Krystallen schon von Scacchi und Bücking erkannt worden war. Die Ilmenitblättchen liegen mit oR (0101) auf den Flächen des Oktaëders. G. Lattermann** fand sie am Magnetit des Nephelinbasalts vom Katzenbuckel. Löst man diesen im Dünnschliffe durch HCl fort, so bleibt ein Netzwerk von z. Th. braun durchsichtigen Lamellen von Titaneisenglimmer, die sich in Schnitten nach (111) unter 60°, in solchen nach (100) unter 90° u. s. w. schneiden. — Die Verwachsung mit Chromit ergab sich daraus, dass bei der Behandlung des mit einem Magnetstabe ausgezogenen Pulvers aus piemontesischen Olivingesteinen der Formation der krystallinen Schiefer mit Salzsäure braunschwarze Körnchen zurückblieben, welche eine Chromperle ergaben.

Keine andere Mineralart dürfte in den eruptiven Gesteinen, krystallinen Schiefern und Phylliten so allgemein verbreitet sein, wie der Magnetit. In den eruptiven Felsarten gehört er zu den ältesten krystallinen Ausscheidungen aus deren Magmen und erscheint daher gern als Einschluss in den übrigen Gemengtheilen, zumal denjenigen, die seiner Bildung unmittelbar folgten, wie Olivin, Biotit, Amphibol und Pyroxen oder dient gelegentlich diesen, zumal Biotit und Amphibol, als Ansatzpunkt. Hiermit analog ist das Auftreten des Magnetits in künstlichen Schlacken und in den künstlichen Darstellungen basaltischer Eruptivgesteine von F. Fouqué und Michel-Lévy. Seltener trifft man den Magnetit von jüngerem Ursprung als die eisenhaltigen Bisilikate und kann alsdann seine Entstehung oft mit grosser Wahrscheinlichkeit durch die Wiederauflösung älterer basischer Gemengtheile erklären***. — Als Neu-

---

von O vorhanden seien. So schliesst sich diese Verwachsung von Rutil mit Magnetit vielleicht eng an die folgende an.

* A. Cathrein, Verwachsung von Ilmenit mit Magnetit. Z. X. 1886. XII. 40.

** Persönliche Mittheilung.

*** Ueber die Bildungszeit und die Bildungsbedingungen des Magnetits in Schlacken vergl. man J. H L. Vogt, Beiträge zur Kenntniss der Gesetze der

bildung aus andern Eisenerzen (Hämatit und Limonit) findet man den Magnetit in den Schiefercontacthöfen der Granitmassive. Ebenso wird man ihn als ein Product des Regional-Metamorphismus in manchen Phyllitgesteinen betrachten müssen, in welchen er, scharfe Krystalle bildend, einsprenglingsartig erscheint (Rimogne in den Ardennen, Eppstein im Taunus). Aehnlich dürfte auch die Bildung der Magnetitkrystalle in den Chlorit- und Strahlsteinschiefern phyllitischer Formationen aufzufassen sein. — Die Entstehung des Magnetits in den Gesteinen der Gneiss- und Glimmerschieferformation ist nur im Zusammenhang mit der Genese dieser Gesteine selbst zu discutiren.

H. Fischer* machte besonders auf die Verbreitung des Magnetits in den verschiedensten Mineralien aufmerksam, erklärte hierdurch den mehr oder weniger schwachen Magnetismus, den man an seinen Wirthen beobachtet, und betonte die durch diese Verbreitung des Magnetits bedingte Vorsicht bei der Zubereitung des zu quantitativer Analyse bestimmten Mineralmaterials.

Chromit.

Literatur.

E. Dathe, Olivinfels, Serpentine und Eklogite des sächsischen Granulitgebietes. L. J. 1876. 247—249.

J. Thoulet, Note sur le fer chromé. Bull. Soc. min. Fr. 1879. II. 34—37.

Der Chromit bildet kleine bis sehr kleine Kryställchen von der Form des Oktaëders, selten des Würfels oder unregelmässig begrenzte Körner und Körneraggregate; darnach sind die Durchschnitte quadratisch, rhombisch, dreieckig oder unregelmässig. — Eine Spaltbarkeit pflegt nicht wahrnehmbar zu sein; regellos verlaufende Klüfte, auf denen oft Neubildungen angesiedelt sind, kommen häufig vor.

Der Chromit wird in hinreichend dünnen Schliffen mit brauner bis rothbrauner Farbe durchsichtig und lässt aus seiner stark runzeligen Oberfläche auf hohen Brechungsexponenten schliessen. Thoulet bestimmte denselben dadurch, dass er den Brewster'schen Winkel von Chromit in reflectirtem Lichte aufsuchte. Er fand, dass bei einem Einfallswinkel von 64° 30′ das reflectirte Licht

---

Mineralbildung in Schmelzmassen und in den neovulkanischen Ergussgesteinen. Arch. f. Math. og Naturvid. Kristiania. 1891. 208.

* H. Fischer, Kritische, mikroskop.-mineral. Studien. Freiburg i. B. 1869. p. 4 sqq.

vollständig polarisirt war; daraus ergiebt sich n = tg 64° 30′ = 2.0965. Im reflectirten Lichte zeigt der Chromit schwachen Metallglanz bei grauschwarzer bis schwarzer Farbe, wenn man unvollkommen durchscheinende Massen durchsucht, gar keinen Metallglanz bei grauer oder lilagrauer Farbe, wenn man durchsichtige Partien gewählt hat.

Das specifische Gewicht 4.8 oder darüber und die Härte 5.5 sind wichtig zur Unterscheidung von Picotit. — Im reinen Zustande, $FeCr_2O_4$, wird das Mineral von gewöhnlichen Magneten nicht angezogen und von Säuren nicht in merklicher Weise angegriffen. In den Gesteinen sind die Chromitkörner oft von einem grünen Hofe von Chromocker (?) umgeben.

Verwachsungen des Chromits mit Rutil und Zirkon beobachtete A. Knop* bei Vorkommnissen der Diamantfelder von Jagersfontein in Südafrika.

Der Chromit ist in den krystallinen an Magnesia reichen Gesteinen zu Hause. Er gehört in den hierher zu stellenden Eruptivgesteinen zu den ältesten Ausscheidungen, wie der Magnetit, und findet sich daher gern als Einschluss in den nächstälteren Gemengtheilen, zumal im Olivin und Pyroxen. — Auch in den magnesiareichen Gesteinen der krystallinen und phyllitischen Schieferformation ist der Chromit verbreitet, so im Olivinfels, im Sagvandit** der Gegend des Balsfjord im nördlichen Norwegen, im Listwänit und Amphibolit*** des Berges Poroschnaja bei Nishne Tagilsk. Damit erklärt sich auch die Häufigkeit des Chromit in den Serpentinen jeder Art.

Die Unterscheidung des Chromit vom Picotit (Chromspinell) ist nur durch Prüfung der Härte, des specifischen Gewichts oder durch quantitative Analyse zu ermöglichen. Es scheinen verbindende Glieder zwischen beiden Mineralien vorhanden zu sein. Von allen übrigen Substanzen unterscheidet ihn leicht sein chemisches Verhalten, zumal die bequeme Perlenreaction.

---

* Bericht über die 22. Vers. d. Oberrhein. geolog. Vereins zu Aschaffenburg am 25. April 1889. Stuttgart. p. 19.

** H. R., Ueber den Sagvandit. L. J. 1884. I. 195—198.

*** M. von Miklucho-Maclay, Beobachtungen an einigen Schiefern von dem Berge Poroschnaja bei Nishne Tagilsk im Ural. L. J. 1885. I. 69—73.

Spinellgruppe.

Literatur.

H. Fischer, Kritische, mikroskopisch-mineralogische Studien. Freiburg i. B. 1869. 18; I. Fortsetzung 46, 60; II. Fortsetzung 66, 88.

E. Kalkowsky, Ueber Hercynit im sächsischen Granulit. Z. D. G. G. 1881. XXXIII. 533—539.

W. Prinz, Les enclaves du saphir, du rubis et du spinelle. Ann. Soc. Belge de Microscopie. — Bruxelles. 1882.

H. Schulze und Alfr. Stelzner, Ueber die Umwandlung der Destillationsgefässe der Zinköfen in Zinkspinell und Tridymit. L. J. 1881. I. 120—161.

Alfr. Stelzner, Zinkspinell-haltige Fayalitschlacken der Freiberger Hüttenwerke. L. J. 1882. I. 170—176.

J. Thoulet, Etude microscopique de quelques spinelles naturels et artificiels. Bull. Soc. Min. Fr. 1879. II. 211—213.

Ferd. Zirkel, Basaltgesteine. — Bonn. 1870. 97.

Alle Spinelle, welche gesteinsbildend auftreten, krystallisiren in der einfachen Form O (111), und Zwillingen solcher nach dem Gesetz: Zwillingsaxe ist die Normale zur Oktaëderfläche; seltener sind Combinationen von O mit ∞O (110), 3O3 (311). Demnach sind ihre Durchschnitte meist quadratisch. Gewisse unter den Spinellen kommen nur (Hercynit), alle sehr häufig in unregelmässig begrenzten Körnern vor. — Spaltbarkeit mikroskopisch nicht wahrnehmbar.

Die Spinelle haben hohe Brechungsexponenten (am ceylonesischen edlen Spinell ist $n_{Na} = 1.7150$) und zeigen daher im Canadabalsam eine runzelige Oberfläche. Ihre Farbe im durchfallenden Licht wechselt mit der chemischen Zusammensetzung.

H. = 7.5—8; sp. G. = 3.6—4.5. — Alle Spinelle werden von Salzsäure und Flusssäure nicht in merklicher Weise angegriffen; sie lassen sich daher im Allgemeinen leicht unter gleichzeitiger Benutzung ihrer Dichte und ihrer chemischen Widerstandsfähigkeit isoliren.

Der eigentliche Spinell, $MgAl_2O_4$, ist im durchfallenden Lichte farblos bis schwach röthlich; gewöhnlich scharf krystallographisch begrenzt. Er findet sich spärlich in den krystallinen Schiefern, zumal im Gneiss, und geräth bei der mechanischen und chemischen Zerstörung dieser in die Flusssande. Mit den Einschlüssen dieser Spinelle haben sich Sorby und Prinz beschäftigt. Letzterer entdeckte darin Einschlüsse zweier nicht mischbarer Flüssigkeiten von eigenthümlicher Beschaffenheit (cf. L. J. 1883. II. -156-).

Der Pleonast (Mg,Fe) (Al_2,Fe_2) O_4 ist rein grün durchsichtig, im auffallenden Lichte und bei Undurchsichtigkeit schwarz ohne metallischen Glanz. n = 1.749. Derselbe tritt gelegentlich zusammen mit Magnetit unter den ältesten Ausscheidungen mancher Eruptivgesteine auf, so in den Sanidiniten des Laacher Sees, dem Glimmerandesit von der Cascade de Tourci im Cantal, in den Eläolithsyeniten der Bäder von Monchique, Südportugal*, und in den piemontesischen Lherzolithen. — Ausserordentlich verbreitet ist er in den Gneissen und ihren Einlagerungen, zumal da, wo diese Cordierit oder Granat (Bodenmais, Schwarzwald, Vogesen, Odenwald etc.) führen, in welchen Mineralien dann der Pleonast gern eingewachsen ist. Seine Formen sind hier öfter unregelmässig, während er in den Eruptivgesteinen vorwiegend gut auskrystallisirt auftritt. — Ein ganz besonderes Interesse beansprucht das Auftreten des Pleonast in contactmetamorphen Gebieten (Monzoni, Vesuv) bei der Berührung mergeliger dolomitischer Kalke mit Eruptivmassen, zumal aber jene Form der Verbreitung, wo der Pleonast in Schmitzen und Schlieren zusammen mit Thonerdesilikaten (Andalusit, Sillimanit), Korund und Turmalin an der unmittelbaren Grenze sowohl in den durchbrochenen, wie in den durchbrechenden Massen vertheilt ist. Als Typus für diese Art des Vorkommens dient der von F. Teller und C. von John** beschriebene Dioritstock in den Quarzphylliten von Klausen. Es ist möglich, dass auch das portugiesische Vorkommen richtiger hierher zu stellen ist. In Schieferhornfelsen zwischen Lössnitz und Alberoda in Sachsen beobachtete ihn F. E. Müller***.

Den Hercynit, $FeAl_2O_4$, welchen Kalkowski in weiter Verbreitung in den sächsischen Granuliten nachwies, und welcher ebenfalls mit sattgrüner Farbe durchsichtig wird, kann man nur durch Isolation und chemische Analyse vom Pleonast unterscheiden. Die Art der schlierenförmigen Vertheilung dieses Spinell, seine Association mit Granat, Quarz, Sillimanit und triklinem Feldspath, sein Fehlen in dem normalen Gesteinsgewebe lassen auch hier auf ungewöhnliche Bildungsbedingungen schliessen.

Der Gahnit oder Automolith, ein Zinkspinell, ist gleich-

---

* L. van Werveke, Ueber den Nephelinsyenit der Sierra de Monchique u. s. w. L. J. 1880. II. 168.

** Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt 1882. XXXII. 589—684. — L. J. 1883. II. -200-.

*** L. J. 1882. II. 245.

falls grün durchsichtig, n = 1.765, und findet sich in Oktaëdern oder Körnern spärlich in krystallinen Schiefern unter analogen Verhältnissen, wie der Pleonast, von dem er nur chemisch zu unterscheiden ist.

Der Picotit, ein Chromspinell, wird gelb oder braun durchsichtig und stimmt in seiner Paragenese durchaus mit dem Chromit überein, von welchem er nur chemisch oder durch seine Dichte und Härte zu unterscheiden ist. In winzigen Individuen von scharfer krystallographischer Begrenzung findet er sich als Einschluss in den Olivinen der basaltischen Gesteine; sehr selten dürfte er als selbständiger Gemengtheil in denselben auftreten, wie dieses Wadsworth* am Basalt des Mount Shasta, Oregon, beobachtete. — In den Lherzolithen und den Olivingesteinen des krystallinen Schiefergebirges findet er sich öfter in regellosen Körnern, als in Krystallen, erreicht aber grössere Dimensionen, ebenso in den Serpentinen.

Entsprechend ihrer schweren Angreifbarkeit durch chemische Reagentien trifft man die Spinellmineralien in den Gesteinen auch dann vollkommen frisch, wenn alle andern Gemengtheile verändert und zersetzt wurden.

Die künstliche Darstellung der Spinellmineralien ist nach mehreren Methoden gelungen. Ebelmen erhielt dieselben in messbaren Krystallen, als er ihre Bestandtheile in Gegenwart von Borsäure einer längeren Schmelzung unterwarf. Daubrée stellte Spinell dar, indem er Dämpfe von Chloraluminium bei Rothgluth auf Magnesia wirken liess. Meunier nahm rothglühenden Magnesiumdraht und liess gleichzeitig Chloraluminium und Wasserdämpfe einwirken. — Wichtiger als alle diese Versuche sind für die genetische Geologie die Beobachtungen von Stelzner und Schulze über die Bildung eines fast reinen Zinkspinell nebst Tridymit in Verbindung mit kleinen Mengen amorpher und krystallisirter Zinksilikate bei der hüttenmässigen Zinkdestillation. Die aus Thon und Chamottebröckchen hergestellten porösen Gefässe sind durch die 4—6 Wochen dauernde Einwirkung von Zink- und Wasserdampf, von Kohlensäure, Kohlenoxyd und etwas Kohlenwasserstoffgas bei einer Temperatur von etwa 1300° C. zu einem fast vollständig krystallinen Gemenge der genannten Mineralien umgewandelt, obgleich sie in ihrer Gesammtheit starr bleiben und höchstens local erweicht wer-

* Harvard University Bulletin 1882. No. 22. pg. 359.

den, wie dieses aus den in den Chamottebröckchen zur Entwicklung gelangenden Bläschen erkenntlich ist. Es ist durch diese Wahrnehmung der Schlüssel zur Deutung jener eigenthümlichen Contactphänomene, wie sie von Klausen durch Teller und von John beschrieben wurden, gefunden, und die Möglichkeit der Gesteinsmetamorphose im starren Zustande erwiesen. Ganz besonders zu betonen ist die Bildung spärlicher amorpher glasartiger Silikate bei diesem Vorgange; die normalen Contactzonen zeigen nirgends die Entstehung von Gesteinsgläsern; wohl aber fand F. Becke* solche in den Contactmineralien von Canzacoli bei Predazzo und ebenso sind sie häufig in den vulkanisch veränderten Sommablöcken. — Eine Analogie zu den Picotiteinschlüssen im Olivin bildet das Auftreten von Zink-Spinellkryställchen in den Fayalitschlacken des Bleiverhüttungsprocesses der Muldner Hütte bei Freiberg i. S., welches gleichfalls von Stelzner beschrieben wurde. Diese beiden Arten künstlicher Zinkspinelle sind mit z. Th. blauer Farbe durchsichtig und verlieren diese Farben durch Glühen bei Luftzutritt, oder sie sind farblos. Die Entfärbung der blauen Krystalle tritt nicht ein, wenn man sie unter Luftabschluss glüht, etwa in einem Strome von Kohlensäure, Wasserstoff, Chlorgas oder Sauerstoff.

Die Bildungszeit der Spinellide in künstlichen Schmelzflüssen ist nach J. K. L. Vogt (Archiv f. Math. og Naturvid. Christiania. 1891) eine sehr frühe; sie geht sogar derjenigen des Magnetits voraus, wie sich durch Umwachsungen von Zinkspinell durch Magnetit nachweisen lässt. Damit stimmen die Thatsachen in den Eruptivgesteinen im Allgemeinen gut. Doch wird man nicht vergessen dürfen, dass die Spinellbildung in den Gesteinen nicht immer ein Act der Krystallisation aus schmelzflüssiger Lösung ist. Interessant ist die Spinellbildung aus dem Glimmer der granitischen und Gneisseinschlüsse in den Ergussgesteinen.

Fluorit.

Wo der Fluorit gesteinsbildend auftritt, erscheint er nicht in Krystallen, sondern in regellos begrenzten Körnern von oft gar nicht unbedeutenden Dimensionen. — Die Spaltbarkeit nach O (111) wird durch recht scharfe Liniensysteme, die sich je nach der Schnittlage unter wechselnden Winkeln schneiden, sichtbar.

Durchsichtig, wasserhell, bläulich oder violett gefärbt mit meistens recht ungleichmässiger Vertheilung des Pigmentes. Sein,

* T. M. P. M. 1882. V. 174.

wie bei allen Fluorüren, sehr niedriger Brechungsexponent ist in hohem Grade charakteristisch; $n_{na} = 1.4332—1.4340$ je nach Fundort und Färbung. Die Farbe scheint von intermolecular beigemengten organischen Materien, Kohlenwasserstoffen, herzurühren. wie dieses aus den Versuchen von Wyrouboff* und A. von Lasaulx** hervorzugehen scheint. Durch Glühen entfärbt sich der Flussspath. — Spuren von Doppelbrechung sind bei dem gesteinbildenden Flussspath selten.

Sp. G. = 3.18—3.20 ermöglicht die leichte Abscheidung des Fluorit aus dem Gesteinspulver, zumal in Verbindung mit seiner schweren Angreifbarkeit durch andere Säuren, als Schwefelsäure. Zersetzungserscheinungen fehlen gänzlich. Flüssigkeitseinschlüsse. auch mit negativer Krystallform, sind häufig.

Der Flussspath bildet in keinem Gestein einen wesentlichen Gemengtheil; mit einiger Häufigkeit erscheint er accessorisch in den Gneissen und im Rapakiwi-Granitit, sowie überhaupt in granitischen Gesteinen und in den Eläolithsyeniten. O. Lang*** beschrieb ihn im Granit von Drammen. Gelegentlich auch in Quarzporphyren, Syeniten und im Gebiete der krystallinen Schiefer.

Granatgruppe.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 160—172.

C. Klein, Optische Studien am Granat. Nachr. d. kön. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. 1882. No. 16. 457—564 und L. J. 1883. I. 87—163.

A. von Lasaulx, Ueber die Umrindungen von Granat. Sitzungsberichte der niederrhein. Ges. zu Bonn. 1882. 3. Juli.

E. Mallard, Explication des phénomènes optiques anomaux que présentent un grand nombre de substances cristallisées. Paris. 1877. (Sep.-Abdr. aus Ann. des Mines (7). X. 60—203. 1876.)

— Sur le grenat Pyrénéite. Bull. Soc. min. Fr. 1891. XIV. 293.

A. Renard, Les roches grenatifères et amphiboliques de la région de Bastogne. Bulletin du Musée Roy. d'hist. nat. de Belgique. Bruxelles. T. I. 1882.

A. Schrauf, Beiträge zur Kenntniss des Associationskreises der Magnesiasilikate. Z. X. 1882. VI. 321—388.

A. Wichmann, Ueber doppelbrechende Granate. Pogg. Ann. CLVII. 282—290. 1876. — Z. D. G. G. 1875. XXVII. 749.

Alle Glieder der artenreichen Granatfamilie zeigen sehr einfache Krystallformen; bei den gesteinsbildenden treten kaum andere

* L. J. 1867. 474; 1869. -235-.

** Z. X. 1877. I. 359. 370.

*** Nachrichten der kön. Akad. d. Wiss. Göttingen. 1880. No. 15. 484.

Formen auf als ∞O (110) und 2O2 (211), allein oder in Combination. Demnach sind die Durchschnitte quadratisch, hexagonal oder achtseitig, wenn überhaupt krystalline Umgrenzung vorhanden ist. Regellose Körner und Körneraggregate kommen in manchen Gesteinen ausschliesslich, in andern neben streng krystallin abgegrenzten Individuen vor. Die Umrisse der Granatkörner sind in den krystallinen Schiefern oft überaus unregelmässig, zackig, mit schlauchförmigen und pseudopodienähnlichen Fortsätzen und Anhängen.

Die recht unvollkommene Spaltbarkeit nach ∞O (110) kommt im Dünnschliffe nicht zur Erscheinung; wo in einzelnen Fällen Kluftsysteme die Durchschnitte parallel den Projectionen von (110) durchsetzen, scheint dieses durch den so häufigen schaligen Bau der Granate bedingt zu sein*. Die grosse Sprödigkeit des Minerals bedingt starke unregelmässige Zerklüftung. Wo der Granat in den Gesteinen gefalteter Gebirge eingeschlossen ist, gehen die Klüfte gar oft in allen Individuen eines Handstücks derselben Richtung parallel und an diesen Klüften sind die Bruchstücke der Krystalle gegen einander verschoben (Taf. III Fig. 4).

H. = 7—7.5, sp. G. 3.4—4.3, schwankend mit der chemischen Zusammensetzung. Säuren greifen den ungeglühten Granat fast gar nicht an, selbst Flusssäure ist ziemlich wirkungslos und der Aufschluss mit Alkalicarbonaten gelingt nur nach langem Schmelzen und mit sehr feinem Pulver. Mit geschmolzener Natronlauge erhielten W. C. Brögger und H. Bäckström (Z. X. 1890. XVIII. 214) am Kalkeisengranat von Achmatowsk auf den Flächen von ∞O (110) rhombische, auf denen von 2O2 (211) fünfeckige Aetzfiguren, deren Seiten sie für Rhombendodekaëderflächen halten möchten. H. Baumhauer (S. M. A. 1874. 249) und O. Mügge (L. J. 1889. I. 242) hatten früher, der erste mit Aetzkali an piemontesischen, der zweite mit kochender HCl an Arendaler Granaten dieselben Aetzfiguren erhalten. Baumhauer ist geneigt, die Seitenflächen als (211), Mügge, der auch ∞O als Bodenfläche beobachtete, als ein $mO\frac{m}{m-1}$ zu deuten. Geschmolzener Granat wird von Salzsäure unter Gelatination zersetzt. Das chemische Verhalten, in Verbindung mit dem hohen specifischen Gewicht erleichtert die Isolation der Granate aus dem Gesteinspulver sehr.

Ueberaus charakteristisch und für die Diagnose wichtig ist der

* cf. O. Mügge, L. J. 1889. I. 239.

hohe Brechungsexponent aller Granatarten. Die Beziehungen des Brechungsvermögens und der Dispersion zur chemischen Constitution ergeben sich aus folgender von E. A. Wülfing nach seinen sehr genauen Messungen (die Messungsfehler betragen eine bis zwei Einheiten der vierten Decimale) zusammengestellten Tabelle. Das Material entstammt theils der Heidelberger Sammlung, theils wurde es von den Herren Jannasch und Cohen geliefert und hatte zu den Analysen in L. J. 1883. I. 87—163 und Mittheil. d. naturw. Ver. f. Neuvorpommern und Rügen. 1888. 22. Jahrg. gedient.

Fundort	Farbe	sp. G.	n_{li}	n_{Na}	n_{ui}	$n_{ui}-n_{li}$	
Wakefield . .	farblos . . .		1.7394	1.7438	1.7480	0.0086	Grossulare
Auerbach . .	Stich i. Röthl.	3.47	1.7399	1.7441	1.7482	0.0083	
Cziklowa . .	schwach gelbl.	3.57	1.7520	1.7569	1.7617	0.0097	
Ala	braun . . .		1.7575	1.7626	1.7676	0.0101	Hessonit
Kimberley .	weinroth . .		1.7369	1.7412	1.7451	0.0082	Pyrope
Kimberley .	bräunlichgelb		1.7396	1.7439	1.7479	0.0083	
Kimberley .	hyacinthroth .		1.7459	1.7504	1.7545	0.0086	
Meronitz . .	weinroth . .	3.70	1.7420	1.7464	1.7503	0.0083	
Wittichen . .	dunkelroth .	3.96	1.8022	1.8078	1.8125	0.0103	Almandine
Orient . . .	dunkelroth .		1.8052	1.8109	1.8159	0.0107	
Haddam . .	röthlichbraun	4.27	1.8050	1.8105	1.8158	0.0108	Spessartin
Bissersk . .	smaragdgrün	3.42	1.8318*	1.8384	1.8449	0.0132	Uwarowit
Frascati . .	schwarz . .	3.77	1.8467	1.8566	1.8659	0.0183	Melanit

Zum ferneren Vergleich seien angeführt:

Auerbach . .	roth		1.7645	1.7714	1.7796	0.0151	Gem. Granat. F. Tschihatscheff.
Sysserak, sog. Demantoid	grün . . .	3.828	1.8780	1.8893	1.9005	0.0225	Melanit. A. Osann.

Uebrigens schwanken die Werthe oft nicht unbeträchtlich an verschiedenen Krystallen derselben Stufe, ja an verschiedenen Prismen aus demselben Krystall, wohl z. Th. als Folge des Wechsels der isomorphen Mischungen, z. Th. in Folge anomaler Doppelbrechung.

Die gesteinsbildenden Granate sind im Allgemeinen durchaus isotrop, oder zeigen doch nur sehr schwache, erst bei Anwendung empfindlicher Farben erkennbare Spuren von Doppelbrechung. Immerhin giebt es gewisse Vorkommnisse, zumal unter den Kalk-

* Bei Anwendung von Eosinflüssigkeit, nahezu der Linie C entsprechend.

silikathornfelsen und den Granatfelsen, welche sehr lebhafte Phänomene der Doppelbrechung zeigen, die in solchen Fällen gern, aber durchaus nicht immer, mit einer Zonarstructur des Granats in Beziehung steht. Die Beobachtung der optischen Anomalien am Granat geht bis auf Brewster zurück; doch lenkte sich die Aufmerksamkeit diesem Gegenstande in reicherem Maassstabe erst dann zu, nachdem in Deutschland Wichmann und nach ihm v. Lasaulx* einige besonders auffallende Beispiele beschrieben und E. Mallard in seiner oben citirten, höchst wichtigen Abhandlung über optisch anomale Krystalle eine Theorie des Phänomens gegeben hatte, deren Discussion in ungewöhnlicher Weise befruchtend und fördernd auf die optisch-krystallographischen Forschungen der letzten beiden Jahrzehnte eingewirkt hat. Ganz abgesehen von dem wissenschaftlichen Werthe, welchen die von einem weitumfassenden Gesichtspunkte aus gegebene Darstellung Mallard's besitzt, ist es sein unbestreitbares Verdienst, zuerst den Zusammenhang der optischen Anomalien krystallisirter Körper mit den Eigenthümlichkeiten und Deformitäten der Krystallgestalt richtig erkannt und beschrieben, und die zu dieser Erkenntniss hinleitende Methode der krystallographisch orientirten Dünnschliffe eingeführt zu haben. Mallard fand, dass die optischen Anomalien nicht allen Granaten, sondern nur gewissen Arten derselben zukommen und dass diese doppelbrechenden Granate im polarisirten Lichte einen Zerfall in optisch verschieden orientirte Theile oder Felder wahrnehmen lassen, deren Zahl, Form und krystallographische Orientirung von der krystallographischen Lage des beobachteten Durchschnitts und der krystallographischen Ausbildung des untersuchten Individuums abhängen. Die Relation dieser Felder und Theile eines Krystalls zu einander war dasjenige von in Zwillingsstellung befindlichen Individuen eines polysynthetischen Krystalls, und ihr optisches Verhalten wies in manchen Granaten (Uwarowit) auf das rhombische, im Topazolith auf das asymmetrische System der Einzelindividuen hin. Mallard schliesst daraus nicht, dass es reguläre, rhombische und trikline Granate gebe, dass also das Granatmolekul, $\overset{\text{II}}{R}_3\overset{\text{III}}{R}_2 Si_3 O_{12}$ trimorph sei, sondern dass alle Granate triklin mit grosser Annäherung an reguläre Symmetrie seien (anorthique pseudo-cubique) und dass das rhombische Verhalten einiger, das reguläre Verhalten anderer nur die Folge einer stets inniger werdenden Zwillingsbildung sei.

* L. J. 1876. 630—632.

Die von MALLARD und nach ihm von E. BERTRAND* gemachten Wahrnehmungen über optische Anomalien der Granate bestätigte, präcisirte und erweiterte C. KLEIN bei seiner umfassenden Untersuchung dieser Mineralfamilie. Während aber E. MALLARD von dem physikalischen Verhalten als dem bestimmenden Moment ausgeht und aus diesem heraus die abnorme Krystallform erklärt und construirt, sieht C. KLEIN die Form als das Bedingende an und erklärt den Wechsel der physikalischen Erscheinung aus dem Einfluss der Formenentwicklung. Er weist durchaus überzeugend nach, dass das Auftreten oder Fehlen optisch anomaler Phänomene nicht von der chemischen Zusammensetzung des Granat abhängt, dass vielmehr bei allen Arten, ja bei den Krystallen eines und desselben Fundortes optisch normale und abnorme auftreten, dass dagegen eine vorhandene Abnormität im optischen Verhalten, wie auch MALLARD betont, stets strenge an die krystallographische Ausbildung und den Bau des Krystalls gebunden sei. Dieser Zusammenhang geht so weit, dass bei gleicher Form auch verschiedene Mineralien die gleiche Orientirung der optischen Anomalien erkennen lassen (Granat und Boracit in glatten Rhombendodekaëdern, die glatten Ikositetraëder bei Granat und Analcim) und dass jede Verzerrung der äusseren Form eine Verschiebung der Grenzen der optisch verschiedenen Felder gegen einander, jeder Eintritt eines neuen Begrenzungselementes in den Durchschnitt das Auftreten neuer Felder oder Streifen bedingt.

KLEIN unterscheidet bei den doppelbrechenden Granaten 4 Haupttypen: 1) den Oktaëdertypus, wie ihn die Oktaëder von Elba zeigen; das Verhalten derselben ist ein solches, als wären sie aus acht hemimorphen Rhomboëdern mit negativem Charakter der Doppelbrechung aufgebaut, deren Basisflächen den Oktaëderflächen entsprächen, während ihre Pole im Centrum des Oktaëders lägen. Durch secundäre Umstände kann Zweiaxigkeit der scheinbaren Einzelindividuen bedingt werden. Ein nicht zu weit von der Spitze des Krystalls genommener Schnitt nach der Würfelfläche zeigt darnach eine Viertheilung, wie in Fig. 99. Die Auslöschungen liegen parallel den Kanten. Ein Schliff nach der Oktaëderfläche

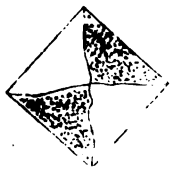


Fig. 99.

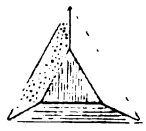


Fig. 100.

* Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 12—15.

lässt die Feldertheilung in Fig. 100 erkennen; der centrale Theil ist isotrop und zeigt im convergenten Licht den senkrechten Austritt der optischen Axe, die drei randlichen Felder haben ihre Auslöschung parallel und senkrecht der Basis der gleichschenkligen Dreiecke; ein Schnitt parallel der Fläche von ∞O (110) durch die Mitte des Krystalls zeigt Sechstheilung bei optisch gleichem Verhalten der diametral gegenüberliegenden Theile.

Der 2) Rhombendodekaëdertypus findet sich rein an den glatten Rhombendodekaëdern der meisten Granate von Auerbach und Jordansmühl. Die Krystalle sind anscheinend aus zwölf hemimorphen rhombischen Pyramiden aufgebaut, deren Basis den Flächen des Rhombendodekaëders entsprechen, während ihre Spitzen im Centrum des Krystalls liegen. In jedem scheinbaren Einzelindividuum liegt die Axenebene parallel der langen Diagonale der Basisfläche, auf welcher die meist negative Bissectrix senkrecht steht. Darnach zeigt ein Schliff parallel ∞O∞ (100) eine Viertheilung (Fig. 101) mit Axenaustritt auf jedem Felde im convergenten

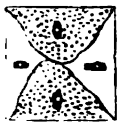


Fig. 101.

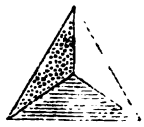


Fig. 102.

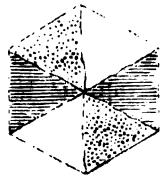


Fig. 103.

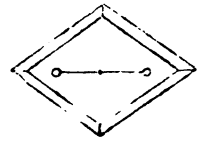


Fig. 104.

Licht, Auslöschung parallel und senkrecht zu den Schliffrändern; Schnitte nach O (111) sind dreigetheilt nahe der Oberfläche (Fig. 102), sechsfelderig bei centralem Schnitt (Fig. 103), und die Auslöschungen der Felder liegen parallel und senkrecht zu der Basis der gleichschenkligen Dreiecke; Schnitte nach ∞O (110) nahe der Oberfläche zeigen einen centralen Rhombus mit normalem Austritt der Bissectrix und vier schmale randliche Felder (Fig. 104).

Bei dem 3) Ikositetraëdertypus besteht der Krystall (Wilui) optisch aus 24 hemimorphen Pyramiden, deren jede als Basis eine Fläche des Ikositetraëders 2O2 (211) hat und deren Spitzen sämmtlich im Centrum des Krystalls liegen. Jede Pyramide ist entweder einaxig und dann steht die Axe (bald positiv, pald negativ) senkrecht auf der Fläche von 2O2 (211), oder sie ist zweiaxig und die bald positive, bald negative Bissectrix steht senkrecht auf der Fläche von 2O2 (211), die Axenebene liegt senkrecht zur symme-

trischen Diagonale dieser Fläche*. Darnach leitet sich die Feldertheilung und die optische Orientirung der einzelnen Felder leicht ab.

Als 4) Topazolithstructur (Mussa-Alp) bezeichnet Klein diejenige Ausbildungsform, bei welcher der Krystall optisch aus 48 hemimorphen asymmetrischen Pyramiden besteht, welche je eine Fläche von mOn (hkl) zur Basis und sämmtlich ihre Spitzen im Centrum des Krystalls haben würden. In jeder Pyramide tritt eine negative Bissectrix schief zur Fläche des Hexakisoktaëders aus und die Axenebene liegt variabel. Daraus ergiebt sich schematisch für die Schnitte nach ∞O∞ (100), O (111) und ∞O (110) die Felder-

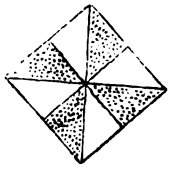


Fig. 105.

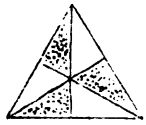


Fig. 106.

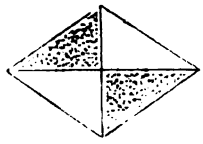


Fig. 107.

theilung, wie sie die Fig. 105, 106 und 107 darstellen; die Auslöschungen liegen allenthalben schief gegen die Begrenzungselemente.

Es können mehrere Typen an ein und demselben Krystall zusammenwirken zur Herstellung der optischen Anomalien.

An den in den Gesteinen auftretenden Granaten scheinen nach den bisher gesammelten Erfahrungen ganz vorwiegend die Erscheinungen der Doppelbrechung dem rhombendodekaëdrischen Typus zu entsprechen, doch dürften hie und da Elemente der Ikositetraëder- und Topazolithstructur hineinspielen. Sehr häufig combinirt sich die Erscheinung mit ausgesprochener Zonarstructur, indem oft in zahlreicher Wiederholung isotrope und doppelbrechende Lagen alterniren. Taf. XIII Fig. 3 giebt ein Bild eines parallel ∞O centrisch geschnittenen Rhombendodekaëders mit der dieser Form angehörigen Structur.

Dass die eine Flächenstreifung besitzenden Granate im auffallenden Lichte Asterismus zeigen, beobachtete Des Cloizeaux. Auch im durchfallenden Lichte ist dieser Asterismus, zumal bei Zonarstructur derselben, oft sehr deutlich wahrnehmbar. Er pflegt vierstrahlig bei Platten senkrecht zu einer Hauptsymmetrieaxe zu sein, sechsstrahlig dagegen, wenn die Platten senkrecht zu einer trigo-

* Die Theorie scheint für jede Pyramide Zweiaxigkeit zu verlangen; man wird annehmen müssen, dass auch die scheinbar einaxigen doch zweiaxig sind mit kleinem Axenwinkel.

nalen Zwischenaxe geschliffen wurden. Man beobachtet das Phänomen am bequemsten, wenn man ein sehr kleines Diaphragma benutzt, das Ocular aus dem Mikroskop entfernt, die zu untersuchende Platte dicht über den Tubus hält und ihr das Auge soviel wie möglich nähert. Am besten erscheint der Asterismus bei Benutzung einer recht intensiven Lichtquelle, etwa directen Sonnenlichts oder einer leuchtenden Gasflamme.

Bei der grossen Neigung zu isomorpher Schichtung, welche alle Granate zeigen, und welche bald durch einen Farbenunterschied von Kern und Schale, bald durch wiederholten Wechsel verschiedener Schalen (Taf. IV Fig. 1) zur Erscheinung kommt, entspricht die chemische Zusammensetzung wohl nur selten genau einer der einfachen Verbindungen, welche man in der Mineralogie als Arten aufstellt. Auch fehlen heute noch analytische Untersuchungen an gesteinsbildenden Granaten in zu hohem Grade, um die Vertheilung der verschiedenen Arten in den Gesteinen mit Sicherheit angeben zu können. Die folgenden Angaben werden sich also wahrscheinlich noch mehr oder weniger modificiren.

Der Grossular, $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$, ist gewöhnlich farblos oder in hinreichend dünnen Schliffen doch nahezu farblos durchsichtig. Sp. G. = 3.4—3.6. — Leicht schmelzbar. Zonarstructur und optische Anomalien häufig; bald gut auskrystallisirt, ∞O (110), bald in Körnern und Aggregaten. Er scheint besonders in den Kalksilikathornfelsen und als Einsprengling in den körnigen Kalken der Formation der krystallinen Schiefer verbreitet zu sein; ebenso im Granatfels, hier oft mit gemeinem Granat oder Allochroit verbunden. Ist ein Farbenunterschied von Kern und Schale wahrnehmbar, so ist der Kern dunkler als die Schale. Er umschliesst gern Flüssigkeitseinschlüsse, Calcit, Quarz, Wollastonit, Epidot, Vesuvian, Graphit. Diese Interpositionen können an Menge so zunehmen, dass die sog. Perimorphosen entstehen. — Umbildungsvorgänge sind nicht bekannt.

Der Almandin, $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$, wird mit rothen Farben durchsichtig. Sp. G. 4.1—4.3. Leicht zu dunkler magnetischer Perle schmelzbar. Er tritt in manchen granitischen Gesteinen (Gegend von Heidelberg, Markirch, Strehlen, Åbo, New Hampshire u. s. w.) in Körnerform, selten in Krystallen, 2O2 (211), sowie in ungarischen Andesiten* in Körnern und Krystallen 2O2 (211), ∞O (110)

* J. Szabó, Der Granat und der Cordierit in den Trachyten Ungarns. L. J. B.-B. 1881. I. 302 ff.

auf. Seine wahre Heimat hat er in den Gneissen, zumal Kinzigiten, Granuliten und den feldspathfreien krystallinen Schiefern, meistens in Körnerform, seltener in Krystallen, dann mit herrschendem 2O2 (211) in den feldspathreichen, mit herrschendem ∞O (110) in den feldspatharmen Gesteinen. Er umschliesst gern die mit ihm vergesellschafteten Mineralien, zumal Eisenerze, Rutil, Turmalin, Spinell, Glimmer, Pyroxen, Hornblende, Quarz oder ist mit den drei letzten mikropegmatitisch verwachsen. Auch dient er oft als eine Art Structurcentrum*, um welches herum sich die andern Mineralien und ihre Umwandlungsproducte radial ordnen. Die mechanischen Phänomene, welchen diese Schiefer ihre Structur verdanken, haben in den Granaten derselben bisweilen überaus deutliche Spuren hinterlassen (Taf. III Fig. 4). Auf solche Verhältnisse beziehen sich anscheinend auch die Beschreibungen von H. O. Lang**. — Auch die Almandine zeigen gewöhnlich überaus frische Substanz. Optische Anomalien sind meistens nicht wahrnehmbar.

Der gemeine Granat, eine isomorphe Mischung der Grossular-, Almandin- und Melanit-Moleküle, tritt in gewissen Granatfelsen, in dynamometamorphen Eruptivgesteinen der Diabas- und Gabbroreihen, in krystallinen Schiefern, Eulysit, Amphibolit, Eklogit, Pyroxengesteinen und ihren Derivaten, sowie in der Phyllitformation auf. Er ist von rothbraunen bis gelblichrothen Farben, oft nahezu farblos durchsichtig. Zonare Structur ist sehr häufig und nicht selten mit optischen Anomalien verbunden. Krystallform fehlt meistens. Einschlüsse der associirten Mineralien und Flüssigkeitseinschlüsse in centraler Anhäufung, seltener in zonarer Anordnung sind sehr verbreitet. Ebenso die mikropegmatitische Verwachsung mit den associirten Mineralien und die radiale Anordnung derselben um den Granat als Centrum. O. Mügge (l. c.) beobachtete in Arendaler Granaten aus Amphibolitgesteinen prismatische Einschlüsse, die auf den Flächen von ∞O parallel den Durchschnittskanten dieser lagen und offenbar mit der Absonderung nach (110) und natürlichen Aetzfiguren in Zusammenhang standen. Er hält sie nach ihrem optischen und chemischen Verhalten für Disthen. — Umwandlungserscheinungen sind nicht selten. Am häufigsten trifft man die Pseudomorphose von Chlorit nach Granat, wie sie von

* Fr. Becke, Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. T. M. P. M. 1881. IV. 189—264 und 285—408 passim; — A. von Lasaulx, Ueber die Umrindungen von Granat. Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. in Bonn. 1882. 3. Juli.

** Göttinger gelehrte Nachrichten 1878. 154—164.

Pumpelly* von der Spurr Mountain Iron mine am Lake Superior, von Hawes** aus den Phylliten des Connecticut-Thales in New Hampshire, von Dathe*** aus den Diallaggranuliten beschrieben wurde. — Ebenso ist die Umwandlung in Hornblende ziemlich oft beobachtet worden, so von Weigand† im Serpentin von le Bonhomme in den Vogesen. — A. Pichler machte auf den gleichen Vorgang in Diluvialgeschieben krystalliner Schiefer der Gegend von Innsbruck aufmerksam, die nachher von R. Blum im 4. Nachtrage zu seinen Pseudomorphosen, S. 78, beschrieben wurden. — J. Blaas†† beobachtete denselben Vorgang an den Granaten eines aus Saussurit und Hornblende wesentlich zusammengesetzten Geschiebes der gleichen Localität. — Aus denselben Diluvialmassen, und zwar vom Schloss Achenrain im Brandenberger Thal, beschreibt A. Cathrein††† aus einem Amphibolit die Umwandlung des Granats in Skapolith. Dieselbe Umwandlung studirte A. Cathrein*† an Granaten der Amphibolitschiefer der Stamser Alpen (Oetzthalgruppe); ausserdem fand er an denselben Localitäten die Umwandlung in Epidot, in Oligoklas, in Hornblende, in Saussurit und in Chlorit.

Der Kalkeisengranat, $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$, ist in den sammetschwarzen Krystallen, welche Melanit genannt werden und constant die Form ∞O (110) . 2O2 (211) zeigen, in den alkalireichen basischeren Eruptivgesteinen (Phonolithen, Leucitophyren, Nephelititen, Tephriten) als accessorischer Gemengtheil ein häufiges Mineral. Er ist stets braun durchsichtig mit verschiedener Tiefe der Färbung und bildet eine der ältesten Ausscheidungen. Einschlüsse sind recht selten und in keiner Weise charakteristisch. Die Melanite aus dem Peperin von Frascati führen oft einen vollständig farblosen, scharf krystallographisch begrenzten Kern. Optische Anomalien sind selten und wegen der tiefen Färbung des Minerals schlecht wahrnehmbar. — Umwandlungserscheinungen fehlen.

Dem TiO_2-reichen Melanit gehört nach einer Analyse von A. Knop (Z. X. 1877. I. 58—64) auch jenes braunschwarze, pechglänzende, muschlig brechende Mineral an, welches in wech-

* Amer. Journal 1875. X. Juli.

** Mineralogy and lithology of New Hampshire. Concord. 1878. 75.

*** Z. D. G. G. 1877. XXIX. 285.

† T. M. M. 1875. III. 190.

†† T. M. P. M. 1881. IV. 279.

††† Z. X. 1884. IX. 378—385.

*† Z. X. 1885. X. 433—446 u. Ber. üb. d. 18. Vers. d. Oberrhein. geol. Ver. zu Stein a. Rh. Stuttgart. 1885. S. 17.

selnder Verbreitung in der Form von rundlichen Massen bis zu Walluussgrösse in dem Phonolith von Oberschaffhausen und in einem Hauyn- und Melanit-reichen Leucitophyr vom Horberig bei Oberbergen, hier gern in Gesellschaft mit schlackigem Titaneisen, auftritt und nach H. Fischer auf Grund einer Analyse von A. Claus zum Schorlomit gestellt war. Knop irrt, wenn er glaubt, es sei auch Augit am Kaiserstuhl von H. Fischer oder dem Autor mit Schorlomit verwechselt worden; er konnte diesen Irrthum leicht vermeiden, da an der von ihm selbst citirten Stelle (Phys. I. 165. 1873) die Isotropie des Pseudo-Schorlomit und seine braune Farbe betont ist. Auch sind die den sog. Schorlomit haltenden Partien der genannten Gesteine, deren Analogie mit den „Olivinfels-Einschlüssen" im Basalt mit Recht hervorgehoben wird, sicherlich keine Einschlüsse, sondern ältere Ausscheidungen aus dem Magma. Sie enthalten eben nur die älteren Mineralgemengtheile der sie führenden Gesteine in z. Th. corrodirtem Zustande*.

Zu den Titan-reichen Melaniten gehört nach zwei von Thorold ausgeführten Analysen auch der lichtbraun durchsichtige Jiwaarit aus dem Ijolith von Jiwaara. Derselbe enthält nach diesen Analysen über 18 % TiO_2, nach den Bestimmungen von W. Ramsay und Hugo Berghell* an reinem Material sogar 25 %. Das Mineral ist jünger als der Pyroxen; meist ganz isotrop, hie und da schwache Doppelbrechung. Dem Jiwaarit ähneln durchaus die tiefbraunen Granate des Nephelingesteins aus dem Oberwiesenthaler Eruptivstock mit über 10 % TiO_2 nach A. Sauer's Analyse**. Ebenso scheinen ihm viele tiefbraune Granate aus den Eläolithsyeniten Brasiliens, Canadas, Arkansas und den Ganggesteinen, welche sie begleiten, nahe zu stehen.

Als vulkanische Contactbildung beschreibt Fouqué den Melanit in Begleitung von Wollastonit und Fassait (Compt. rend. 1875, 15 Mars). — Brögger beschreibt interessante Perimorphosen von Kalkthoneisengranat mit Calcit und Albit, sowie Umhüllungs- und Ausfüllungspseudomorphosen von Kalkeisengranat mit Natrolith wahrschein-

* Auch ein Granat von Ober-Rothweil am Kaiserstuhl (er stammt wohl nicht aus dem Leucitophyr auf der rechten, sondern aus dem Phonolith auf der linken Thalseite, St. Pantaleons-Kapelle) ist nach einer Analyse von R. Soltmann (Z. X. 1891. XVIII. 628) ein titanreicher ($TiO_2 = 11$ %) Melanit, interessant durch einen Gehalt von 1.28 % ZrO_2.

** Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1891. XIII. 305.

*** Erläuterungen z. Sect. Wiesenthal d. geol. Specialkarte d. Kgr. Sachsen. pg. 70.

lich nach Sodalith von Gängen auf der Insel Stockö im Langesund. Diese Granate sind stark doppelbrechend.

Gründurchsichtige Kalkeisengranate treten in manchen Serpentinen (Dobschau, Vogesen) auf; schon Delesse beobachtete an solchen Krystallen eine schalige Zusammensetzung aus grünen und rothen Lagen. — Braungefärbt finden sie sich in manchen Eisenerzlagern der krystallinen Schiefer. — Die Kalkeisengranate haben sp. G. bis zu 4.1 und schmelzen zu stark magnetischem Glase.

Der Spessartin, wesentlich $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$, findet sich gelegentlich in granitischen Gesteinen ohne scharfe Krystallbegrenzung in grösseren Körnern; auch der von G. Rose* im Porphyrit von Ilfeld a. H. aufgefundene Granat von blutrother Farbe gehört nach Des Cloizeaux zum Spessartin. Derselbe bildet den wesentlichsten Gemengtheil der berühmten Wetzschiefer der Ardennen von Viel-Salm, Ottrez und Hébronval in fast farblosen, gelblichröthlichen Rhombendodekaëdern und Körnern von oft vollkommen reiner Substanz**. Vereinzelte grössere Einsprenglinge des Spessartin, ∞O (110), in dem regionalmetamorphen Quarzit des Taunusien der Gegend von Bastogne in den Ardennen zeigen parallel den Hauptsymmetrie-Axen überaus zierliche Reihen von Interpositionen (Quarz und Muscovit anscheinend), deren Anordnung eine grosse Analogie mit der Chiastolithstructur des Andalusit darbietet (Taf. XIII Fig. 4). — Umwandlungsvorgänge sind nicht bekannt.

Der Pyrop, vorwiegend $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$, mit etwas Chrom und einer wechselnden Beimengung des Almandinmoleküls, bildet nirgends Krystalle, sondern eckige bis rundliche Körner von rother bis blutrother Farbe im durchfallenden Lichte und meist sehr reiner Substanz. Er ist schwierig zu nicht magnetischem Glase schmelzbar. Sp. G. = 3.7—3.8. Der Pyrop scheint auf die magnesiareichsten Gesteine, die Peridotite und ihre Derivate, die Serpentine, beschränkt zu sein. In diesen findet man die übrigen Gemengtheile, besonders die Pyroxene und ihre Umbildungsproducte, ebenso radial zum Pyrop gestellt, wie dieses bei den Almandinen und gemeinen Granaten beschrieben wurde. Ueberaus oft findet man den Pyrop in den Serpentinen mit einer radialstrahligen, lichtgraubraunen Schale umgeben, welche als ein Umwandlungsproduct des Pyrop,

* Z. D. G. G. 1859. XI. 299.

** A. Renard, Memoire sur la structure et la composition minéralogique du coticule et sur ses rapports avec le phyllade oligistifère. Bruxelles. 1877.

vielleicht unter Mitwirkung der Olivinsubstanz, angesehen wird. A. Schrauf, welcher sich eingehend mit dem Studium dieser Umwandlung beschäftigte, nennt die Schalensubstanz Kelyphit, mit Hinblick auf ihre Beziehung zu Pyrop, den sie wie eine Nussschale den Kern umgiebt. In andern Fällen ist sämmtlicher Pyrop verschwunden und Kelyphit an seine Stelle getreten. Taf. XIII Fig. 5 giebt ein Bild einer solchen Kelyphitrinde um Pyrop im Serpentin von Karlstetten und zeigt sehr deutlich eine helle Zone, welche den Kelyphit gegen den Serpentin abgrenzt. Schrauf, dessen Beobachtungen am Serpentin von Křemže bei Budweis in Böhmen gemacht wurden, hält den Kelyphit für eine homogene Substanz und für eine pyrogene Contactbildung von Pyrop und Olivin. Eine genaue Beschreibung des Kelyphits, den er für schwach doppelbrechend erklärt, giebt er nicht. Fr. Becke (l. c. S. 323) beschreibt durchaus analoge Rinden um Granat aus Peridotiten von Steineck und findet die strahlige Zone aus zwei Substanzen gemengt, einer isotropen, welche als Picotit erkannt wurde, und einer doppelbrechenden, die er für Hornblende hält. Der die Pseudomorphose nach aussen umziehende helle Rand, welchen Schrauf als Olivin auffasst, war in dem Gestein von Steineck ein Gemenge von Hornblende, Bronzit und Diallag. Die Richtigkeit der Deutung erwies Fr. Becke später (T. M. P. M. 1885. VII. 250—255) durch Isolation des Picotit vermittelst HFl. Er deutet den Vorgang durch die Gleichung Pyrop + Olivin = Spinell + Hornblende, $Mg_3Al_2Si_3O_{12} + Mg_2SiO_4 = MgAl_2O_4 + Mg_4Si_4O_{12}$. Man vergleiche zu den Angaben von A. Schrauf und Fr. Becke übrigens die Bemerkungen von H. von Foullon (Verhdl. k. k. geol. R. 1885. 354) und G. Linck (L. J. 1886. II. 239 Refer.). — v. Lasaulx (l. c.), welcher dasselbe Vorkommen wie Schrauf studirte, fand diese helle Zone nicht aus Olivin, sondern aus Chromdiopsid zusammengesetzt, und schreibt dem Kelyphit starke Doppelbrechung zu. Nach einer eingehenden Vergleichung analoger Vorkommnisse von Greifendorf bei Bohrungen in Sachsen, vom Col de Pertuis in den Vogesen und von Pargas kommt er zur Ansicht, dass „die radialfasrigen Rinden um Granat keineswegs alle gleichartig zusammengesetzt sind oder irgendwie einem chemisch oder krystallographisch individualisirten Minerale entsprechen". „Für alle aber ist es gemeinsam, dass der Ausgang zu ihrer Bildung in einer Verwachsung von Mineralien der Pyroxen-Amphibolgruppe um Granatkerne zu sehen ist, sei es, dass schon mit dieser Verwachsung eine ursprüngliche radialstenglige und

fasrige Structur verbunden war, oder dass dieselbe sich erst durch eine in der Umwandlung der ursprünglichen Pyroxen-Amphibolzone bedingte Ausfransung und Faserung secundär vollkommener entwickelte". Auch für den Kelyphit von Křemže vindicirt er die gleiche Entstehung. Das letzte Wort in Sache des Kelyphit ist wohl noch nicht gesprochen; doch scheint die Annahme einer pyrogenen Entstehung, wie sie Schrauf aufstellt, nicht haltbar.

Der Uwarowit ($Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$) mit tief grüner Farbe durchsichtig, scheint auf Chromeisen-reiche Serpentine (Bissersk) und körnige Kalke (Orford in Canada) beschränkt; er bildet Krystalle von der Form ∞O (110) und zeigt stets die anomale Doppelbrechung des dodekaëdrischen Typus. Umwandlungsphänomene sind unbekannt.

Die künstliche Darstellung der so allgemein verbreiteten Granate ist nur selten gelungen. Klaproth, v. Kobell u. A. wollen den Melanit durch Schmelzen desselben oder des Vesuvians krystallisirt erhalten haben. Des Cloizeaux, Bourgeois*, Doelter und Hussak** beobachteten bei der Krystallisation geschmolzenen Granats, beziehungsweise einer analog zusammengesetzten Schmelze immer den Zerfall in andere Molekularverbindungen, unter denen sie Anorthit, Skapolith, Monticellit, Pyroxene, Melilith, Kalknephelin, Pleonast und Eisenglanz beobachtet zu haben glauben. F. Fouqué und A. Michel-Lévy*** erhielten den Melanit als krystalline Ausscheidung (∞O) bei der künstlichen Darstellung eines Nephelinits durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile eines solchen im Platintiegel und langsame Abkühlung. — L. Bourgeois† constatirte die Anwesenheit von Spessartin in tiefgelben Kryställchen von rundlichen Umrissen in einer Schmelze der Bestandtheile dieses Minerals; die Kryställchen enthielten Einschlüsse von Hausmannitmikrolithen.

Al. Gorgeu†† erhielt Spessartin in scharfen Ikositetraëdern, als er die Bestandtheile desselben in Chlormagnesium als Lösungsmittel schmolz. — Es ist gewiss nicht ohne Bedeutung, dass dieses für die regionale und Contactmetamorphose so sehr charakteristische Mineral sich aus Schmelzfluss so schwer darstellen lässt.

---

* Ann. Chim. Phys. 1883 (5). XIX.

** L. J. 1884. I. 158 sqq.

*** C. R. 1878. LXXXVII. 961.

† Ann. Chim. Phys. 1883 (5). XIX.

†† Bull. Soc. min. Fr. 1883. VI. p. 283 und C. R. 1883. XCVII. 1303.

Leucit.

Literatur.

H. Baumhauer, Studien über den Leucit. Z. X. 1877. I. 257—273.

A. Des Cloizeaux, Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux naturels ou artificiels et sur les variations ques ces propriétés éprouvent sous l'influence de la chaleur. Paris. 1887. 513—515.

J. Hirschwald, Zur Kritik des Leucitsystems. T. M. M. 1875. IV. 227 ff.

— Ueber unsere derzeitige Kenntniss des Leucitsystems. T. M. P. M. 1878. II. 85—100.

C. Klein, Optische Studien am Leucit. Göttinger gelehrte Nachrichten 1884. No. 11. 421—472. — L. J. 1885. Beil.-Bd. III. 522—584. — Cf. auch L. J. 1885. II. 234—236.

E. Mallard, Explication des phénomènes optiques anomaux que présentent un grand nombre de substances cristallisées. Paris. 1877. 24—39. (Ann. des Mines (7). X. 1876.)

G. vom Rath, Ueber das Krystallsystem des Leucits. M. B. A. 1872. 1. Aug. Pogg. Ann. Ergänzungsband VI. 1872. 198 ff. und Sitzungsber. der niederrhein. Ges. Bonn. 4. Juni 1883.

A. Weisbach, Zur Kenntniss des Leucits. L. J. 1880. I. 143—150.

F. Zirkel, Ueber die mikroskopische Structur der Leucite. Z. D. G. G. 1868. XX. 97 sqq. — cf. auch Basaltgesteine 1870. p. 44 ff.

Wenige andere Mineralien sind in den letzten Jahren ihrem Krystallsystem nach so mannichfacher Deutung unterzogen worden, wie der Leucit. Ausnahmslos von durchaus regulärem Habitus, das Ikositetraëder 2O2 (211) allein oder mit untergeordnetem ∞O (110) und ∞O∞ (100) zeigend, galt der Leucit auch nach der Wahrnehmung seines für einen regulären Körper anomalen optischen Verhaltens durch Brewster*, Biot** und Des Cloizeaux (l. c.) bis zum Jahre 1872 für regulär. Man erklärte die Polarisationserscheinungen an diesem Mineral nach Biot's Vorgang durch Lamellarpolarisation, oder durch die Wirkung eingelagerter Lamellen, wie Des Cloizeaux. Zirkel stellte die Vermuthung auf, die Doppelbrechung sei auf Rechnung eines dem normalen Kalileucit lamellar eingelagerten Natronleucit zu schreiben. In ein neues Stadium trat die Frage nach dem Krystallsystem des Leucits durch die Beobachtungen G. vom Rath's über die Zwillingsstreifung auf den Leucitflächen und die Winkelwerthe der Kanten des anscheinenden 2O2 (211). Aus beiden leitete er quadratisches System für den Leucit ab und formulirte das Gesetz der Zwillingsbildung dahin, dass 2P∞ die Zwillingsebene sei, eine Fläche, welche einer Fläche von ∞O am Ikositetraëder des

* Edinburgh phil. Journal 1821. V. 218.

** Mémoire sur la polarisation lamellare 1841. 669.

regulär gedachten Minerals entsprechen würde. Da die am Leucit von G. vom Rath selbst zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Krystallen gefundenen Winkelwerthe nicht in Strenge zur Annahme des quadratischen Systems nöthigten, andere Forscher, wie Hirschwald, auf Grund des Krystallhabitus und der Zwillingsbildung, welche nach den 6 Flächen von ∞O, nicht nur nach den 4 Flächen von $2P\infty$ gehen, an der regulären Natur des Minerals festhielten, Weisbach nach Messungen von Treptow das rhombische System für den Albaner Leucit annahm, so suchte man eine endgültige Feststellung des Krystallsystems auf dem Wege der physikalischen Untersuchung. Baumhauer wandte die Methode der Flächenätzung an und glaubte das quadratische System daraus ableiten zu können oder constatirte vielmehr, dass sich aus dem Verhalten des Leucits gegen chemischen Eingriff in seinen Molekularbau kein Grund gegen die Annahme dieses Systems ergäbe. Auch hier eröffnete Mallard's Untersuchung orientirter Dünnschliffe einen exacteren Einblick in die Structur des Leucits. Er erschloss aus dem optischen Verhalten von Würfelschnitten (der Leucit regulär gedacht) die Zugehörigkeit des Leucit zum monoklinen System, obgleich seine Winkelmessungen an Krystallen von Frascati rhombische Symmetrie ergaben. Fouqué und Michel-Lévy (Minéralogie micrographique 1879, p. 284) glauben Mallard's Beobachtungen im polarisirten Licht streng genommen nur auf trikline Krystallisation des Leucits beziehen zu können, sind aber nicht geneigt, diesen Verhältnissen eine so hohe Bedeutung zuzugestehen, um das von G. vom Rath erwiesene quadratische Krystallsystem für den Leucit zu verwerfen. C. Klein, der sich um die Deutung des Krystallsystems und des optischen Verhaltens des Boracits und des Granats durch sorgfältigste Untersuchung orientirter Dünnschliffe bei verschiedenen Temperaturen in hohem Grade verdient gemacht hatte, hat dann auch durch das mit grossem Scharfsinn durchgeführte Studium des Leucits die Ueberzeugung gewonnen, dass der Leucit unter den seine Entstehung begleitenden physikalischen Bedingungen regulär krystallisirt sei, dass jedoch der molekulare Bau der Leucite bei normaler Temperatur als ein rhombischer aufzufassen sei. Doch beobachtete auch Klein optische Phänomene, welche nicht unmittelbar mit der Annahme rhombischer Krystallisation vereinbar sind, führt dieselben aber wegen ihrer Unregelmässigkeit und Unbeständigkeit auf Spannungen zurück. Fasst man die Resultate aller bisherigen Leucitstudien zusammen, so wird man sicher feststellen können, dass aller Leucit regulär

krystallisirte, dass jedoch die reguläre Molekularordnung desselben bei den Temperatur- und Druckverhältnissen der Erdoberfläche wenigstens bei den grösseren Krystallen nicht bestandfähig ist, dass dieselben daher eine Molekularumlagerung erfahren, zufolge welcher ein mehr oder weniger complicirtes anscheinendes Zwillingsgebilde entsteht. Bei dem Boracit geht diese Umlagerung vor sich, ohne die äussere Krystallform zu verändern, ja ohne gewisse mit der ursprünglich regulär-tetraëdrischen Krystallisation verbundene elektrische Eigenschaften zu alteriren; — bei dem Leucit dagegen hat diese molekulare Umlagerung nicht nur optische Wirkungen, sondern sie führt auch zu einer mehr oder weniger tiefgreifenden Deformation der Krystallgestalt. Welches jedoch das dem Leucit nach dieser molekularen Umlagerung zukommende Krystallsystem sei, scheint aus dem goniometrischen und optischen Verhalten bisher nicht mit Sicherheit ableitbar zu sein. Man kann jedoch nicht verkennen, dass Klein die Annahme des quadratischen Systems als unmöglich erwiesen hat, dass also die nicht reguläre Modification des Leucits rhombisch, monoklin oder triklin sein muss. Die Gründe, auf welche sich Klein stützt, sind die Thatsache, dass die Zwillingsbildung des Leucits nicht nur nach den vier, einer quadratischen Pyramide $2P\infty$ (201) entsprechenden Flächen, sondern auch und zwar mit Vorliebe nach den den Prismenflächen des quadratischen Systems entsprechenden Flächen von ∞O (110) geht, sowie dass keine Fläche am Leucit zu finden ist, welche optisch die Rolle einer Basis eines quadratischen Krystalls spielte.

Lieferte unter den gesteinsbildenden Mineralien der Granat ein vorzügliches Beispiel der durch Spannung bedingten optischen Anomalien, so haben wir im Leucit einen hervorragenden Vertreter der Gruppe, bei welcher diese Phänomene durch Dimorphie bedingt werden.

Die Durchschnitte der Leucitkrystalle sind sechsseitig, achtseitig oder rundlich, je nach der grösseren oder geringeren Vollkommenheit der Ausbildung von $2O2$ (211); quadratische, trigonale oder rhombische Durchschnitte nach (100), (111), (110) von der Oberfläche des Krystalls kommen gleichfalls vor. Auf Corrosion der Krystalle verweisende Unregelmässigkeiten der Begrenzung zeigen nicht selten die grösseren Individuen. Ebenso lassen die Umrisse oft auf eine Gruppirung mehrerer kleinerer Krystalle zu einem grösseren Individuum schliessen, ohne dass sich immer eine bestimmte Gesetzmässigkeit in solcher Verwachsung erkennen liesse.

Die Dimensionen der Krystalle des Leucits schwanken sehr stark; es giebt Laven, in denen auch im Dünnschliff die Krystalle noch als Körper vorhanden sind. Derber Leucit scheint äusserst selten zu sein; mikroskopisch ist er wohl noch nicht beobachtet.

Spaltung ist im Dünnschliff nicht deutlich wahrnehmbar; eine Zerklüftung der Krystalle nach unregelmässigen Flächen dagegen ist überaus oft vorhanden und wohl eine Folge der molekularen Umlagerung. — Sp. G. 2.45—2.5.

Die sehr kleinen Kryställchen des Leucits erweisen sich bei optischer Untersuchung durchweg isotrop; bei grösseren Individuen beobachtet man zwischen gekreuzten Nicols, zumal bei eingeschalteten Gypsblättchen, das Auftreten einer oft sehr complicirten Zwillingslamellirung, deren Züge sich unter Winkeln schneiden, die mit der Schnittlage wechseln. Die Lamellen sind doppelbrechend. Der Brechungsexponent des Leucits ist niedrig und weicht nur wenig von demjenigen eines Gesteinsglases ab; am Obsidian fand Corning $n_{Na} = 1.4841$. Die Doppelbrechung schwach und positiv nach Des Cloizeaux ($\omega = 1.508$, $\varepsilon = 1.509$) und Klein. Tschermak* fand an einem Krystall von Aqua acetosa in der Campagna den Charakter der Doppelbrechung negativ. Bei sehr dünnen Schliffen muss man sich empfindlicher Töne bedienen, um die Anisotropie wahrnehmen und den zwillingsartigen Bau studiren zu können; über das Graublau I. Ordnung gehen die Interferenzfarben im Dünnschliff nicht hinaus. — Diese Doppelbrechung und mit ihr die Zwillingslamellirung verschwindet und die untersuchten Lamellen erweisen sich, wie zuerst Klein**, später auch Penfield*** beobachtete, als isotrop, der Leucit demnach als regulär, wenn man denselben einer Temperatur von etwa 500° aussetzt. Ob mit dieser Zurückführung zur optischen Isotropie durch höhere Temperatur auch goniometrisch das reguläre System wiederkehre, war eine noch ungelöste Frage. Verf.† konnte nachweisen, dass bei einer solchen Temperatur die Zwillingsstreifung auf den Krystallflächen verschwindet, so dass dieselben durchaus einheitlich das Licht spiegeln. Daraus ergiebt sich die Rückkehr zur regulären Symmetrie auch in goniometrischem Sinn mit grosser Wahrscheinlichkeit.

Den zwillingsartigen Bau des Leucits hat C. Klein meisterlich

* T. M. M. 1876. 66.
** L. J. 1884. II. 50.
*** L. J. 1884. II. 224.
† L. J. 1885. II. 59.

entwickelt. Ihm folgen wir bei der Darstellung desselben. Es sind zwei Haupttypen zu unterscheiden, indem 1) ein Grundkrystall vorhanden ist mit zwillingsartig eingeschalteten Lamellen nach allen Flächen von ∞O (110); dann verhält sich die eine Fläche von ∞O∞ (100) wie eine Basis, auf welcher eine positive spitze Bissectrix eines sehr kleinen Axenwinkels austritt, die andern Flächen verhalten sich wie die Pinakoide 100 und 010 und die Normale auf 100 ist stumpfe negative Bissectrix; 2) alle drei Flächenpaare von ∞O∞ (100) verhalten sich wie die Basis im ersten Falle; man hat eine Durchkreuzung von drei Individuen, bei denen je die erste Mittellinie mit einer der Hauptaxen des regulären Leucitzusammenfällt. Zwischen beiden Ausbildungsweisen giebt es vermittelnde Zwischenglieder. Die erste Ausbildungsform herrscht bei Frascati und den aufgewachsenen Krystallen des Vesuv; die zweite, welche Fig. 108 mit gestrichelter Andeutung des vorderen Individuum darstellt, herrscht bei den Vesuvleuciten von 1847 und 1855, und denen der Lava von Bosco Reale und Rocca Monfina. Die Zwischenformen sind allenthalben verbreitet.

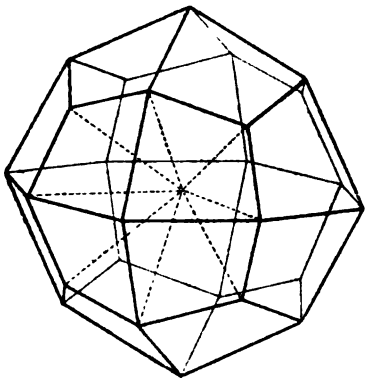


Fig. 108.

Von den drei Schliffen, welche man parallel den Flächen ∞O∞ (100) geführt hat, verhalten sich bei einem Krystall der ersten Ausbildungsform zwei gleich, der dritte ungleich, dieser letztere geht senkrecht zur spitzen positiven Bissectrix, also parallel oP (001) und zeigt geringe Stärke der Doppelbrechung. Er hat durch die vier oberen Flächen von 2O2 (211) gelegt, die Form und die Anordnung der Zwillingslamellen, wie sie Fig. 109 und 110 zeigen. Scharfe und rechtwinklig einsetzende Systeme von Zwillingslamellen gehen parallel den Umrissen (Würfeldiagonale) und gehören zu den, quadratischen Prismenflächen entsprechenden, Flächen 110, 1$\bar{1}$0, $\bar{1}$10 und $\bar{1}\bar{1}$0 von ∞O. Breitere und verwaschene Lamellen, schief gegen die Schlifffläche einfallend, sind die parallel 101, 011, $\bar{1}$01 und O$\bar{1}$1 von ∞O gelagerten und sie folgen den Diagonalen des Umrisses, d. h. den Würfelseiten. Die Lamellen durchkreuzen sich (Fig. 109) oder setzen in gedrängten Zügen scharf an einander ab (Fig. 110).

Das Maximum der Dunkelheit tritt im Allgemeinen ein, wenn die Diagonalen des Umrisses (Würfelseiten), das Maximum der Helligkeit, wenn die Umrissseiten (Würfeldiagonalen) mit den Nicol-

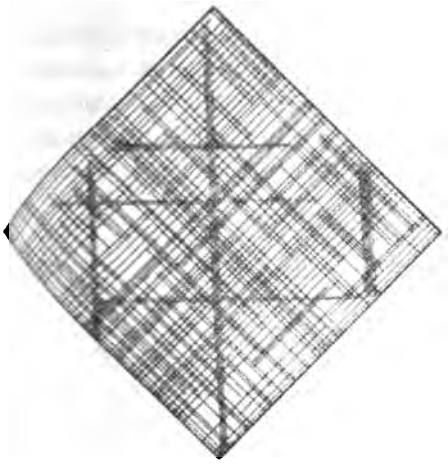


Fig. 109.

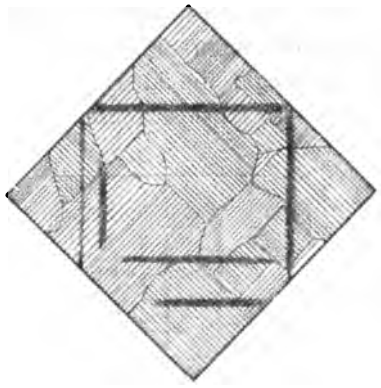


Fig. 110.

hauptschnitten coincidiren. Die Verschiebung der Schnittfläche nach dem Centrum ändert die Umgrenzungslinien, aber nicht den wesentlichen inneren Bau. — Die Schliffe nach den verticalen Flächen von $\infty O\infty$ zeigen weniger durchgreifende Lamellirung (Fig. 111) und stärkere Doppelbrechung; die senkrecht den Schliff durchsetzenden, scharf begrenzten Lamellen entsprechen den Flächen 011, $0\bar{1}1$, beziehungsweise 101, $10\bar{1}$ und ihren Gegenflächen; die verschwommenen liegen parallel 110, $1\bar{1}0$ und $10\bar{1}$, 101. beziehungsweise 011, $01\bar{1}$. Die Auslöschungen für Hauptindividuum und Lamellen liegen parallel den Diagonalen der Durchschnitte (Würfelseiten). Schliffe nach dem Oktaëder (111) zeigen nahe der Oberfläche des Krystalls die Form und Lamellenvertheilung in Fig. 112;

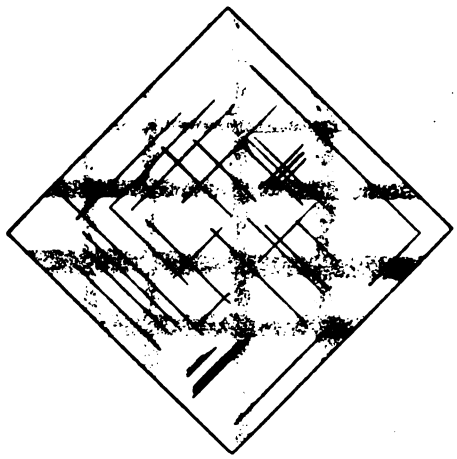


Fig. 111.

die rechtwinkelig einsetzenden und scharf begrenzten Lamellen entsprechen den zu der Fläche 111 senkrechten drei Flächen von ∞O (110), die schief einsetzenden, verschwommenen gehören zu den drei, der Oktaëderfläche anliegenden, Flächen des Rhombendodekaëders. Das Hineinrücken des Schliffs nach dem Krystallcentrum ändert die Form der Umgrenzung, aber nicht den inneren Lamellenbau. Die Auslöschung der Hauptmasse geht parallel und senkrecht zu derjenigen Seite des Dreiecks, welche senkrecht zur verticalen Axe liegt; die übrigen Theile der Hauptmasse zeigen gewöhnlich gestörte Auslöschungen.

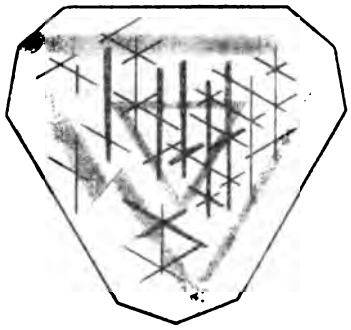


Fig. 112.

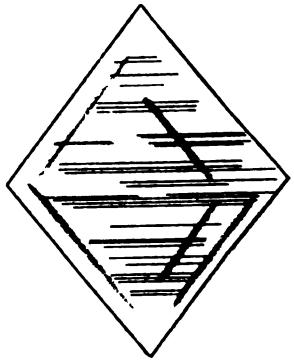


Fig. 113.

Schliffe nach dem Rhombendodekaëder nahe der Oberfläche des Krystalls ergeben Rhomben, bei denen die Auslöschung in den Diagonalen liegt. Die Schliffe zeigen verwaschene Zwillingslamellen (Fig. 113) parallel der Umgrenzung und scharfe, senkrecht einsetzende parallel der kurzen Diagonale. Die letzteren entsprechen dem auf der Schlifffläche senkrechten Flächenpaar von ∞O, die ersteren den vier andern Flächenpaaren derselben Form. Die Schnitte nach den verticalen Flächen von ∞O unterscheiden sich von denjenigen parallel den vier geneigten Flächenpaaren dieser Form dadurch, dass bei ersteren die kurze Diagonale Axe der kleinsten, bei den letzteren Axe der grössten Elasticität ist. Verschiebung der Schnittfläche nach dem Centrum des Krystalls hin ändert nur die äussere Form.

Von den Schnitten nach den drei Flächen eines Oktanten des Ikositetraëders löscht der eine parallel und senkrecht zu der symmetrischen Diagonale aus; es ist bei quadratischer Auffassung die Fläche P, die beiden andern (parallel den Flächen von 4P2 (241) der quadratischen Auffassung) löschen aus leicht verständlichen

Gründen schief zu dieser Diagonale aus. Es sind fünf Systeme von Zwillingslamellen vorhanden, eines parallel der symmetrischen Diagonale und senkrecht einfallend, eines in gleicher Lage, aber schief einfallend und verschwommen, eines normal zu den vorhergehenden und gleichfalls verschwommen und endlich zwei gleichfalls verschwommene Systeme, welche symmetrisch zum ersten System liegen und sich etwa unter 120° schneiden (Fig. 114). Die Ableitung auch dieser Lamellen von den sechs Flächenpaaren von ∞O hat keine Schwierigkeit.

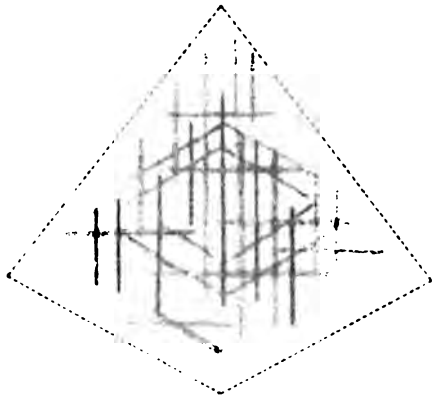


Fig. 114.

— Bei einem Krystall der zweiten Art (Durchkreuzungsdrilling) giebt jeder Schnitt nach einer Fläche von ∞O∞, so lange er nur durch die vier in einem oktraëdrischen Ecke zusammenstossenden Flächen des Krystalls (Fig. 108) geht, die Structur und das Verhalten des in Fig. 109 und 110 dargestellten Schnitts. Verlegt man den Schnitt dagegen parallel mit sich selbst, bis er durch die Pyramide 4P2 in quadratischer Auffassung geht, so erhält man den theoretisch aus der Fig. 108 sich ergebenden Durchschnitt, wie ihn Fig. 115 zeigt. Derselbe besteht aus fünf Theilen, einem centralen, welcher dem oP-Schliff in Fig. 109 entspricht und welcher also senkrecht zur spitzen Bissectrix liegt, und vier peripherischen Theilen, welche zu der Bissectrix parallel sind, also die Eigenschaften des Schnitts Fig. 111 haben und von denen je zwei gegenüberliegende sich immer gleich verhalten. Es ist der für Klein's Deutung concludenteste Schnitt. Verlegt man denselben parallel mit sich selbst bis ins Centrum des Krystalls, so verschwindet der centrale Theil der Fig. 115 und es bleiben nur die peripherischen Felder zurück.

Schliffe nach dem Oktaëder (111) ergaben, wie sich aus Fig. 108 unschwer ableitet, ein gleichseitiges Dreieck, mit der Feldertheilung, wie in Fig. 116. In jedem Felde liegt die Auslöschung parallel und senkrecht zur Basis. — Ganz in derselben Weise leitet sich das Verhalten von Schnitten parallel ∞O und 2O2 in verschiedenen Niveaus aus der Betrachtung der Fig. 108 ab und die Erfahrung

bestätigt die Schlüsse aus der KLEIN'schen Auffassung. Es ist hervorzuheben, dass die Grenzen der einzelnen Hauptindividuen oft geradezu in kluftartige Sprünge und Trennungsebenen übergehen.

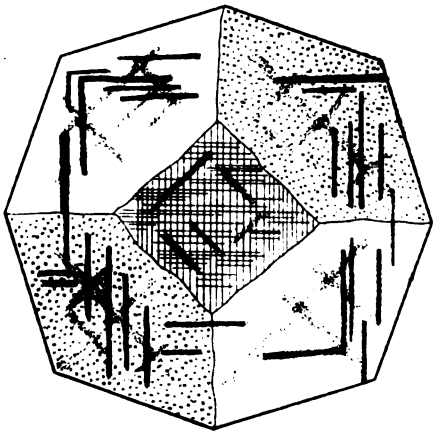


Fig. 115.

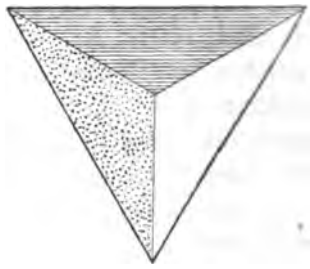


Fig. 116.

Die eigenthümlichen Mikrostructurverhältnisse des Leucits wurden wohl zuerst von WEDDING* an den Vesuvlaven beobachtet. G. VOM RATH**, welcher die Vorkommnisse des Albaner und Ciminischen Gebirges, sowie des Niederrheins studirte, giebt bereits in den wesentlichen Zügen diese Mikrostructur an. ZIRKEL*** hat alsdann die Mikrostructur dieses Minerals in den verschiedenen Gesteinen genau beschrieben und seine weite Verbreitung dargethan. Ausserdem verdankt man viele interessante Einzelheiten den Mittheilungen von FUCHS†, INOSTRANZEFF††, KREUTZ†††, v. LASAULX*† und HUSSAK**†.

Der Leucit umschliesst gern, wo er in grösseren Krystallen auftritt, die mit ihm vergesellschafteten älteren Ausscheidungen in einzelnen, zumeist regellos gelagerten Individuen; es sind das Magnetit, Picotit, Apatit, Olivin, Augit, Hauyn, Nephelin und Me-

* Z. D. G. G. 1858. X. 381.

** Z. D. G. G. 1864. XVI. 105; 1866. XVIII. 528 u. 580.

*** Pogg. Ann. 1867. CXXXI. 326 u. 1869. CXXXVI. 545. L. J. 1870. 809 u. 820.

† L. J. 1869. 42. 169.

†† T. M. M. 1872. II. 105.

††† S. W. A. 1869. LIX. Februar; — T. M. P. M. 1884. VI. 135.

*† L. J. 1872. 409.

**† S. W. A. 1878. LXXVII. April.

lanit. Weit häufiger trifft man jedoch mikrolithische prismatische Interpositionen, welche z. Th. grün sind und mit Sicherheit auf Augit gedeutet werden können, z. Th. farblos und nicht sicher bestimmbar. Dieselben liegen entweder central gehäuft oder sie ordnen sich in concentrischen Zonen (Fig. 117) und liegen dann mit ihrer Längaxe parallel den Begrenzungselementen des Wirthes. Diesen gesellen sich gern meist farblose, seltener farbige Glaseinschlüsse und gasförmige Interpositionen, seltener solche von Flüssigkeiten (Capo di Bove, Monte Vulture, Olbrück) zu und auch sie liegen zumeist auf concentrischen Schalen. Die Glaseinschlüsse haben wohl (Vesuv) die Formen ihrer Wirthe; sie beherbergen gelegentlich mikrolithische Entglasungsproducte und gehen in vollkommene Schlackeneinschlüsse (Capo di Bove) über. Bald sind alle Einschlüsse eines Krystalls derselben Art, bald liegen die verschiedensten Arten regellos durcheinander, bald ordnen sich dieselben so, dass Zonen der verschiedenen Arten mit einander abwechseln. Schwer verständlich ist das Auftreten von Flüssigkeitseinschlüssen mit beweglicher Libelle in Glasinterpositionen, welches Zirkel von Capo di Bove, aus einer Vesuvlava und vom Burgberg bei Rieden angiebt. — Sehr selten ist eine radiale Anordnung der Interpositionen oder ein Wechsel radialer und zonarer Ordnung in demselben Krystall. Taf. XIII Fig. 5 und Taf. XIV Fig. 1 geben derartige Verhältnisse im Bilde wieder. Besonders hervorzuheben ist es, dass die Interpositionen durchaus unbekümmert um die optischen Grenzen in den lamellirten Leucitdurchschnitten eingebettet sind; es spricht das durchaus für die spätere Ausbildung dieser Grenzen im fertigen Krystall. — Sehr kleine Leucitkrystalle pflegen von Interpositionen frei zu sein.

Fig. 117.

Ebenso wie der Leucit so gern Pyroxenmikrolithe umhüllt, ordnet er dieselben oft auch in zierlichen Kränzen um sich, Taf. XIV Fig. 2; d. h. die Leucitkrystalle sind alsdann mit einem Schleier von Pyroxenmikrolithen vollständig umgeben, die in manchen Fällen als Aegirin bestimmt werden können.

Diese Mikrostructurverhältnisse, welche man vorzüglich deu

lich an den niederrheinischen Leucitophyren, an den Leucititen des Albaner Gebirges und an den Leucittephriten des Vesuvs studiren kann, haben dadurch eine besondere Wichtigkeit, dass man sich derselben nicht selten als eines diagnostischen Hülfsmittels bedienen muss, wenn der charakteristische Zwillingsbau nicht zur Beobachtung zu bringen ist.

Der Leucit, $KAlSi_2O_6$, mit meistens nicht sehr bedeutendem Gehalt an Na_2O, wird auch von heisser Salzsäure im Dünnschliff nur sehr wenig, im Pulver stark angegriffen unter Abscheidung pulveriger Kieselsäure. Die Isolirung des Minerals aus den Gesteinen geschieht daher besser nach dem specifischen Gewicht, als durch chemischen Eingriff.

Die künstliche Nachbildung des Leucits in messbaren Krystallen und mit allen Eigenschaften der natürlichen Vorkommnisse gelang Hautefeuille* durch anhaltende Schmelzung von Kieselsäure mit einem Ueberschuss von Thonerde bei Rothgluth in Kaliumvanadinat. Nach derselben Methode konnte er auch einen Eisenleucit, $KFeSi_2O_6$, in durchsichtigen gelblich grünen Krystallen darstellen, welche goniometrisch und optisch (nur ihre Doppelbrechung ist bedeutend stärker) sich durchaus wie der Thonerdeleucit verhielten. — St. Meunier** erhielt Leucit in kleinen Kryställchen, als er Chlorsilicium bei Rothgluth auf ein Gemenge von Kali und Thonerde einwirken liess. — Wichtiger ist die Darstellung des Leucits durch F. Fouqué und A. Michel-Lévy***, weil sie die natürlichen Bildungsverhältnisse möglichst getreu nachahmten. Sie bekamen dieses Mineral mit den Formen und den optischen Eigenschaften der gesteinsbildenden Leucite, als sie ein Gemenge der Bestandtheile des Leucits mit denen des Augits im Platintiegel schmolzen und längere Zeit in zähflüssigem oder vielmehr viscosem Zustande hielten.

Sehr bedeutsam ist es, dass Ch. und G. Friedel† durch Einwirkung von Kali und Kieselsäure auf Muscovit von Moss in wässriger Lösung bei etwa 500° in einem mit Platin ausgekleideten Eisenrohr messbare Individuen und Sphärokrystalle erhielten, welche die chemische Zusammensetzung des reinen Kalileucits besassen.

* C. R. 1880. XC. 313 u. 378.

** C. R. 1880. XC. 100.

*** C. R. 1878. LXXXVII. 961; C. R. 1880. XC. 698; Bull. Soc. min. Fr. 1880. III. 118.

† Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 129 u. 182.

dem quadratischen System angehörten, und das sp. G. = 2.5 hatten. Die Formen waren, bezogen auf das dem Winkel 101 : 100 = 43° 25′ (ungefähr) entsprechende Axenverhältniss 1 : 0.946 (100) (110) (101) (001) (112) π (211). Stets war die biquadratische Pyramide 2P2 (211) als Tritopyramide ausgebildet. Regulär gedacht wäre das die Combination ∞O . $\infty O\infty$. $2O2$, wobei von den in jedem Oktanten am basischen Hauptschnitt liegenden zwei Flächen des Ikositetraëders je die rechte oder linke fehlen würde. Ebenso fehlte den Krystallen vielfach die Pyramide (112), d. h. regulär die an den Polen der c-Axe direct zusammenstossenden Flächen des Ikositetraëders. Zwillinge nach der Pyramide (101) oder vielmehr mit zu einander senkrechten Hauptaxen waren häufig. Die Krystalle waren einaxig mit negativem Charakter und sehr schwacher Doppelbrechung. Auch durch directes Erhitzen eines Gemenges von frisch gefällter Kieselsäure und Thonerde mit Kali in den stöchiometrischen Verhältnissen des Leucits in wässriger Lösung bei ganz dunkler Rothgluth erhielten die Genannten dieselben quadratischen Krystalle, bei einem Versuche indessen Ikositetraëder. Die nach der letzten Methode gewonnenen Krystallisationen wurden zur Analyse verwandt.

Der Leucit wandelt sich in der Natur recht häufig in Analcim um, ohne dass die Form der Krystalle dadurch irgendwie verändert würde (Rothweil am Kaiserstuhl). Doch entstehen dabei als Nebenproducte gern und oft in bedeutender Menge radial- oder verworrenfasrige, doppelbrechende Aggregate nicht bestimmbarer Natur. Der Analcim seinerseits ist dann z. B. in den schon von Blum besprochenen, dann von E. Geinitz* und besonders von A. Sauer** beschriebenen und erforschten Pseudomorphosen aus den Leucitophyren von Böhmisch-Wiesenthal in ein vorwiegend aus Feldspath und hellem Glimmer bestehendes Gemenge umgewandelt. Derartige Processe sind sehr schön auf künstlichem Wege von J. Lemberg*** nachgeahmt worden. Aus dem Feldspath kann dann endlich eine Kaolinbildung statthaben.

Der Leucit ist ein vorwiegend auf tertiäre und recente Ergussgesteine und ihre Tuffe beschränktes Mineral; er begleitet den

---

* L. J. 1876. 490.

** Erläuterungen zur Section Wiesenthal der geol. Specialkarte des Königr. Sachsen. Leipzig 1884. 57 ff. und Z. D. G. G. 1885. XXXVII. 453 ff.

*** Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 539.

Sanidin und Nephelin in den Gesteinen der Phonolithreihe, den Plagioklas und Nephelin in den tephritischen Gesteinen, den Nephelin allein in den Leucitbasalten und Leucititen. Erst seit kurzer Zeit kennt man ihn in älteren Tiefen- und Ganggesteinen der Gegend von Magnet Cove in Arkansas und der Provinz Rio de Janeiro mit derselben Association*. Hier ist er oft in ein Aggregat von Feldspath und Nephelin zerfallen nach der Gleichung $(K, Na)_2Al_2Si_4O_{12} = KAlSi_3O_8 + NaAlSiO_4$.

Sodalithgruppe.

Literatur.

W. C. Brögger und H. Bäckström, Die Mineralien der Granatgruppe. Z. X. 1890. XVIII. 209.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 177—188 et passim.

G. vom Rath, Mineralogisch-geognostische Fragmente aus Italien. Z. D. G. G. 1866. XVIII. 620—624.

— Skizzen aus dem vulcanischen Gebiet des Niederrheins. Z. D. G. G. 1860. XII. 29; 1862. XIV. 663; 1864. XVI. 73.

A. Sauer, Untersuchungen über phonolithische Gesteine der canarischen Inseln. Halle. 1876. Zeitschr. f. d. ges. Naturw. XLVII.

H. Vogelsang, Ueber die natürlichen Ultramarinverbindungen. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam (2) VII. 1873.

F. Zirkel, Untersuchungen über die mikroskopische Zusammensetzung und Structur der Basaltgesteine. Bonn. 1870. 79 ff.

Die Sodalithgruppe umfasst eine Anzahl regulär krystallisirender Mineralien, Sodalith, Nosean mit den Abarten Ittnerit und Skolopsit, Hauyn und Lasurstein. Die erstgenannten Substanzen sind weit verbreitete gesteinsbildende Mineralien von überaus charakteristischer geologischer Stellung.

Sodalith.

Der Sodalith bildet einfache Krystalle, seltener Zwillinge nach dem Spinellgesetz, von der Form des Rhombendodekaëders, neben welchem nur sehr selten andere Formen erscheinen, wenn er in porphyrischen Gesteinen auftritt. Der Idiomorphismus wird undeutlicher oder geht theilweise oder ganz verloren, wo wir ihn in körnigen Gesteinen treffen; gegen die jüngeren Gemengtheile hin zeigt er dann krystalline Abgrenzung, gegen die älteren hin em-

* Eug. Hussak. Ueber Leucit-Pseudokrystalle im Phonolith (Tinguáit) der Serra de Tinguá, Estado Rio de Janeiro, Brazil. Bd. 1890. I. 165.

pfängt er von diesen seine Umrisse. Die Durchschnitte der Krystalle sind zumeist quadratisch oder hexagonal, oft mit einer Verzerrung, welche durch eine starke Entwicklung der Krystalle in der Richtung einer trigonalen Zwischenaxe bedingt ist.

Bei den aufgewachsenen Sodalithkrystallen des Monte Somma, welche sich bisweilen durch überaus deutliche Gas- und Glaseinschlüsse, oft in den Formen ihres Wirths, durch Flüssigkeitsinterpositionen und eingeschlossene Krystalle von Augit, Nephelin und Mejonit (?) auszeichnen, ist die Spaltbarkeit nach ∞O auch im Dünnschliffe sehr deutlich wahrnehmbar; die in den Gesteinen eingewachsenen Sodalithe lassen Spaltrisse in weit weniger typischer Ausbildung wahrnehmen.

Durch Eintauchen in zwölfprocentige Salzsäure erhielten bei Krystallen von der Somma Brögger und Bäckström auf sämmtlichen Flächen von ∞O (110) dreiseitig umgrenzte Aetzfiguren, welche nur zu der auf der geätzten Fläche senkrecht stehenden Fläche von ∞O (110) symmetrisch waren. Danach hätte man den Sodalith als geneigtflächig hemiëdrisch anzusehen.

Der Sodalith ist im durchfallenden Lichte farblos, auch wohl blau, grünlich, hellrosa und gelblich. Die blaue Farbe verschwindet schon bei schwachem Glühen. Sein Brechungsexponent ist niedrig. K. Feussner* fand am blauen Sodalith von Tiahuanaco in Bolivien und am wasserhellen vesuvianischen gleichmässig $n_{na} = 1.4827$. — An letzterem Vorkommen fand Tschichatscheff $n_{na} = 1.4858$. Optische Anomalien wurden bisher nur spärlich in der Umgebung von Einschlüssen beobachtet.

Sp. Gw. 2.28—2.34. — Chemische Zusammensetzung nach den besten Analysen $Na_4(AlCl)Al_2(SiO_4)_3$. In Salzsäure und in Salpetersäure leicht klar löslich; beim Stehen scheidet sich Kieselgallerte ab; schon von Essigsäure auch im Dünnschliff angreifbar. Um das Gelatiniren im Dünnschliff gut zu beobachten, befeuchte man nur mit einer sehr dünnen Haut der sauren Flüssigkeit. Beim Eintrocknen der Gallerte erhält man reichlich Kochsalzkrystalle, wenn man das Mineral mit Salzsäure angreift.

Der Sodalith ist ein fast constanter Gemengtheil in den Eläolithsyeniten; hier erscheint er stets in scharfen grünen Rhombendodekaëdern im Eudialyt-reichen Vorkommen von Kangerdluarsuk in Grönland, bald in Krystallen, bald in Körnern in den Vorkomm-

* Z. X. 1881. V. 580.

nissen* Südportugals, von Pouzac**, Brasilien*** u. a. O., ebens in derben Partien oder in Krystallen in den Eläolithsyeniten und Augitsyeniten† Südnorwegens und im Ditroit†† Siebenbürgens, in Trümern, Schnüren und Fetzen anderen Gemengtheilen, zumal dem Feldspath, seltener dem Eläolith eingewachsen in den pegmatitischen Massen der Gegend von Brevig, bei Miask und bei Ditró. Die Bildung des Sodalith in diesen Gesteinen, wenn man von den dubiösen Trümern absieht, fällt nach der Ausscheidung der eisenhaltigen Gemengtheile und vor diejenige des Feldspathes. Das Altersverhältniss gegen Eläolith scheint oft zu schwanken; in einzelnen Fällen dürfte auch noch während der Feldspathbildung die Entwicklung des Sodalith fortgedauert haben. Die primäre Natur des Sodalith in diesen Gesteinen ist im Allgemeinen zweifellos; nur bei den trumförmigen derben Vorkommnissen ist eine secundäre Entstehung nicht ausgeschlossen. Für viele derbe, nicht spaltbare, öfters concentrisch struirte und chalcedonähnlich aussehende Sodalithe der Gänge des Langesund wies Brögger die Entstehung aus Eläolith nach. — In den genannten Felsarten umschliesst der Sodalith oft recht reichlich und dann gern in centraler Häufung die mit ihm vergesellschafteten Erze und Nädelchen der Pyroxen- und Amphibolminerale, sowie Flüssigkeitseinschlüsse. — Bei der Umbildung der Sodalithe, die in diesen Gesteinen bisweilen eine sehr vorgeschrittene ist, entstehen büschlige Aggregate von Zeolithen; auch gewisse Spreusteine (Natrolithspreusteine) sind Pseudomorphosen von Natrolith nach Sodalith nach Angabe von Brögger. Sie enthalten wohl stets etwas Diaspor und Hydronephelit, auch hie und da Hydrargilit beigemengt. — In andern Fällen bilden sich Muscovit- und kaolinartige Aggregate. Carbonate, die man nicht selten auf Spalten derselben abgesetzt findet, sind offenbar Infiltrationsproducte.

Nur in deutlichen und scharfen Krystallen findet sich der Sodalith in den jüngeren Gesteinen der Trachyt- und Phonolith-

* L. van Werveke, Ueber den Nephelinsyenit der Sierra de Monchique u. s. w. L. J. 1880. II. 141—186 passim.

** V. Goldschmidt in L. J. B.-B. I. 1881. 219.

*** F. Graeff, Petrograph. Untersuchungen an den Eläolithsyeniten der Sierra de Tinguá. L. J. 1887. II. 222.

† W. C. Brögger, Die silurischen Etagen 2 und 3 im Christianiagebiet. 268. Christiania. 1882.

†† A. Koch, Petrographische und tektonische Verhältnisse des Syenitstocks von Ditró. L. J. B.-B. I. 1881. 149.

familie. Hier wies G. vom Rath die weite Verbreitung desselben in den Trachyten der Insel Ischia und der phlegräischen Felder nach; spärlich findet man ihn statt Hauyn in manchen Phonolithen des nördlichen Afrika und des Cantal (Pas de Compains), sowie im Theralith der Crazy Mountains*. — Seine Bildung folgt ausnahmslos derjenigen des Augit und geht derjenigen des Nephelin oder Feldspath voraus. Die Einschlüsse sind seltener; man trifft die älteren ihn begleitenden Mineralien, zumal Augit, Glas- und sehr selten Flüssigkeitseinschlüsse.

Die Isotropie in Verbindung mit dem niedrigen Brechungsexponenten und der leichten Löslichkeit in Säuren, sowie das niedrige specifische Gewicht unterscheiden den Sodalith leicht und sicher von allen andern Mineralien, mit Ausnahme des Hauyn und Nosean. Diese sind durch ihr chemisches Verhalten gegenüber dem Sodalith charakterisirt; sie geben Reaction auf Schwefelsäure.

Die künstliche Darstellung des Sodalith gelingt nach bisher unveröffentlichten Versuchen von O. Mügge, wenn man Nephelinpulver in einem Ueberschuss von geschmolzenem Kochsalz längere Zeit unter Ersatz des verdampfenden NaCl gelöst erhält. Wird die so erhaltene Schmelze so lange mit reinem Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser keine Reaction mehr auf Chlor ergiebt, so besteht der Rest aus einem sehr feinen farblosen Pulver, in welchem man bei starker Vergrösserung neben herrschenden rundlichen Körnern auch Kryställchen der Formen ∞O (110) und $\infty O . \infty O \infty$ (110) (100) erkennt. Körner und Kryställchen sind isotrop, haben das sp. G. 2.31—2.33 und lösen sich leicht in Salpetersäure, schwerer in concentrirter Essigsäure. Die Lösung giebt sehr starke Reaction auf Chlor. Eine unvollständige Analyse (die Alkalien wurden nicht bestimmt), ergab $SiO_2 = 36.04$, $Al_2O_3 = 33.21$, $Cl = 6.83$. — Ch. und G. Friedel** stellten Sodalith durch Einwirkung von Aetznatron und Chlornatrium auf Kaliglimmer im geschlossenen Rohr bei etwa 500° C. dar. Die erhaltenen Krystalle haben ganz die Formen der Mügge'schen Darstellungen, welche sieben Jahre früher ausgeführt wurden.

Hauyn und Nosean.

Unter dem Namen Hauyn sollen hier alle jene Glieder der Sodalithgruppe zusammengefasst werden, welche man als isomorphe Mischun-

* J. E. Wolff, Notes on the geology of the Crazy Mountains. Northern Transcontinental Survey. 1885. cf. L. J. 1885. 1. 69.

** Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 183.

gen von $Na_4[Al(NaSO_4)]Al_4(SiO_4)_3$ und $Ca_2[Al(NaSO_4)]Al_4(SiO_4)_3$ betrachten kann. Man kennt durch Doelter's* Untersuchungen die erste dieser Verbindungen in beinahe reinem Zustande vom Vulcan Siderão auf den Inseln des Grünen Vorgebirges, während die zweite Verbindung für sich allein nicht bekannt ist. Sehr oft ergeben die Analysen, sowie die mikrochemischen Reactionen einen kleinen Chlorgehalt, welcher auf eine isomorphe Beimischung der Sodalithverbindung hinweist. Die Natron-reichen Glieder der Hauynreihe unterscheidet man wohl als Nosean von dem kalkreichen Hauyn. Alle Glieder dieser Reihe gelatiniren leicht mit Säuren; lässt man die Gelatine unter dem Mikroskop eintrocknen, oder noch besser, hebt man die durch Behandlung mit Säuren erhaltene Lösung ab und lässt dieselbe eintrocknen, so erhält man, falls Hauyn vorlag, reichlich die charakteristischen Gypskrystalle; lag Nosean vor, so erscheinen sie nur spärlich, oder fehlen ganz. Bei dieser von Sauer** angegebenen Reaction ist zu starke Concentration der Salzsäure, wenn man diese anwandte, und hohe Temperatur zu vermeiden, weil man sonst leicht, statt Gyps die rhombischen, würfelähnlichen Kryställchen des Anhydrit erhält. — Durch Glühen ändert sich bei manchen Vorkommnissen die Farbe, oder sie werden farbig dadurch, wenn sie zuvor farblos waren. Durch Glühen in Schwefeldampf färben sie sich blau.

Das sp. G. schwankt zwischen 2.27—2.50 mit der chemischen Zusammensetzung und dem grösseren oder geringeren Reichthum an Interpositionen. Die Noseane sind leichter als die Hauyne; der Unterschied kann verwischt werden durch die reichliche Gegenwart interponirter Eisenglanz- oder Ilmenittäfelchen. — Die Spaltbarkeit nach ∞O (110) ist nur selten mikroskopisch deutlich wahrnehmbar.

Die in dem Gesteine eingewachsenen Hauyne sind im frischen Zustande im Allgemeinen durchaus isotrop; doch fehlt es nicht an Vorkommnissen, welche optische Anomalien aufweisen (Vesuv, Laacher See). Dieselben sind zweierlei Art. Im einen Falle tritt nur um Einschlüsse, zumal um Gaseinschlüsse herum local eine Doppelbrechung auf, welche sich zwischen gekreuzten Nicols durch das Auftreten eines dunklen Kreuzes charakterisirt, dessen Arme parallel den Nicolhauptschnitten liegen und bei einer Drehung des Präparats in seiner Ebene auch bleiben und dessen Centrum mit

* C. Doelter, Die Hauyne der Capverden. T. M. P. M. 1882. IV. 461.

** A. Sauer, Untersuchungen an den phonolithischen Gesteinen der canarischen Inseln. Halle a. S. 1876.

der Interposition zusammenfällt, welche offenbar Veranlassung der Erscheinung ist. Zwischen den Armen des Kreuzes liegen im Eisengrau oder Graublau I. Ordnung gefärbte Quadranten. Das Phänomen, welches man wohl als das Brewster'sche Kreuz bezeichnet, ist die Folge des durch das eingeschlossene Gas ausgeübten Druckes. Durch denselben ist in der Umgebung des Einschlusses radial zu demselben die Elasticität grösser, als tangential, wovon man sich leicht durch Anwendung eines Gyps- oder Glimmerblättchens überzeugt. Die dem Einschluss zunächst liegenden Theile des Hauyn zeigen demzufolge die Erscheinung eines Sphärolithen aus optisch einaxigen und negativen Nadeln. Auch um Sprünge und Klüfte des Hauyn zeigen sich gern ähnliche Anomalien. — Hiervon verschieden ist das Auftreten einer Doppelbrechung durch die ganze Ausdehnung des Minerals (Vesuv, Laach, Niedermendig); dieselbe ist stets schwach bis sehr schwach, oft nur bei Anwendung von Gypsblättchen oder Quarzplatten wahrnehmbar und versteigt sich nur sehr selten zu einer Feldertheilung, ähnlich wie sie dem Rhomboëdertypus des Granat zukommt.

Der Brechungsexponent des Hauyn ist niedrig, aber etwas höher als am Sodalith. Am blauen Hauyn von Niedermendig wurde bestimmt $n_{na} = 1.4961$ (Tschihatscheff). — Die Färbung ist eine überraschend mannichfaltige; man findet den Hauyn farblos, blau, grau, bräunlich, roth, gelb, grün und es ist die Farbe oft sehr unregelmässig in Flecken, Flammen und Streifen oder auch in concentrischen Zonen in den Durchschnitten vertheilt; man beobachtet hie und da, dass die Färbung an Sprüngen und Spalten am intensivsten auftritt und sich hier auch am leichtesten bei an und für sich farblosen Individuen entwickelt. Vogelsang schloss daraus auf die secundäre Natur der Färbung. Sehr starke Erhitzung pflegt die ursprüngliche oder künstliche Färbung des Hauyn zu zerstören.

Die Hauyne treten niemals, wenn man von dem Ittnerit und Skolopsit absieht, in derben Massen, sondern stets in Krystallen oder Krystallfragmenten, beziehungsweise Körnern (abgerundeten Krystallen) auf. Formen und Durchschnitte sind die gleichen wie bei Sodalith. Die Mikrostructur des Hauyn ist eine überaus wechselnde; als ziemlich allen Vorkommnissen gemeinschaftlich kann man den Interpositionenreichthum anführen. Unter den Einschlüssen treten die mit dem Hauyn vergesellschafteten Mineralien älterer Entstehung, von Eisenerzen abgesehen, nur recht selten auf; be-

sonders pflegen die in den nahe verwandten Substanzen Leucit und Nephelin so häufigen Augiteinschlüsse vollständig in den Hintergrund zu treten oder ganz zu fehlen. Gas- und Glasinterpositionen herrschen. Flüssigkeitseinschlüsse in grösserer Anzahl und oft sehr bizarren Formen sind mehr auf einzelne Localitäten (Niedermendig) beschränkt. Dazu gesellen sich mikrolithische Einschlüsse. Alle diese fremden Beimengungen, zumal die erstgenannten, sind zumeist gleichzeitig vorhanden und bald in regelloser Weise durch die Mineralsubstanz verbreitet, bald aber, besonders wenn ihre Quantität eine ansehnliche ist, regelmässig geordnet. Sie häufen sich dann bald central, bald peripherisch, bald sind sie in concentrischen Schalen gehäuft und zwar so, dass öfters einschlussarme und einschlussreiche, als einschlussfreie und einschlussreiche Zonen wechseln. Dabei sind innerhalb der einschlussreichen Partien die Interpositionen sehr oft wieder linear und zwar parallel den oktaëdrischen Axen geordnet. Die Durchschnitte nach ∞O∞ (100) und ∞O (110) lassen dann zwei sich rechtwinklig kreuzende Strichsysteme wahrnehmen, während in den Schnitten parallel O (110) drei sich unter 60° schneidende Strichsysteme auftreten, welche senkrecht zu den Seiten der dreieckigen Durchschnitte, parallel den Eckendiagonalen der hexagonalen Durchschnitte liegen (Fig. 118). Die Glas- und Gaseinschlüsse sind oft unendlich klein, erreichen aber gelegentlich auch grössere Dimensionen und lassen dann oft die Krystallform ihres Wirths erkennen. — Unter den mikrolithischen Interpositionen sind hexagonale, oft nach einer Nebenaxe stark verlängerte, auch wohl unregelmässig gelappte, Blättchen von Eisenglanz oder Ilmenit am häufigsten, welche je nach ihrer Dicke mit metallischem Glanz undurchsichtig, oder rothbraun, roth und graugelb durchsichtig sind ohne metallischen Glanz. Gar nicht selten zeigt dasselbe Blättchen bei local wechselnder Dicke diese Farben neben einander. Im Allgemeinen sind auch diese Blättchen nach den oktaëdrischen Axen geordnet und zwar so, dass sie unter einander krystallographisch parallel liegen, in andern Fällen findet man sie parallel den Spaltrissen nach ∞O (110); sie liegen dann diagonal zu den übrigen Einschlusssystemen. Auch kommen beide Anordnungen neben ein-

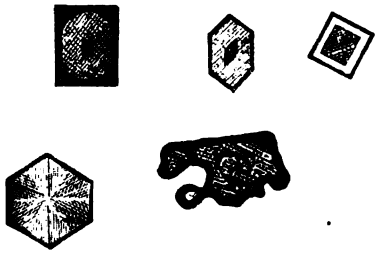


Fig. 118.

ander vor (Melfi). Es ist nicht unmöglich, dass die Eisenglanzblättchen auf den Spaltflächen secundär seien.

G. vom Rath beobachtete an den natronreichen Hauynen (Noseanen) der Leucitophyre des niederrheinischen Vulkangebietes, dass dieselben gegen die übrigen Gesteinsgemengtheile meistens durch einen verhältnissmässig breiten opaken Rand von blauschwarzer oder braunschwarzer Farbe im auffallenden Lichte sich abgrenzten, welcher beim Herauslösen der Kryställchen aus dem Gestein in diesem sitzen bleibt, während der hellere Kern derselben sich mit scharfer krystallographischer Begrenzung abtrennt. Diese auch unter dem Mikroskop sehr wenig lichtdurchlässige, braune bis gelbbraune äussere Schale geht meist ziemlich abrupt, nicht durch allmählige Abstufungen in eine hellere Zone über, die nun ihrerseits einen der äusseren Umrandung ganz analogen dunklen Kern umschliesst. Die kleineren Individuen pflegen in solchen Fällen durch und durch opak zu sein; auch findet man statt der opaken äusseren Schale, allerdings seltener, eine helle und es ist dann der Kern des Krystalls opak. Allem Anschein nach rühren diese opaken Theile der Noseane davon her, dass in Folge einer Umwandlung der in den einschlussreichen Partien enthaltenen Eisenverbindungen die ganze Substanz des Minerals mit Limonit durchtränkt ist, vielleicht unter gleichzeitiger Kaolinisirung der Hauynsubstanz.

Die beregten Mikrostructurverhältnisse lassen sich vorzüglich schön an den Leucitophyren von Olbrück und Rieden bei Niedermendig, an den Phonolithen des Hegau und Kaiserstuhl, der Rhön und Auvergne, der Canarien, sowie sehr vieler anderer Localitäten studiren. Zur Diagnose sind dieselben nicht verwendbar, weil sie einerseits nicht constant sind, andererseits in ähnlicher Ausbildung auch bei anderen Mineralien (Apatit) vorkommen, die in Folge davon wohl auch mit Hauyn oder Nosean trotz ihrer Doppelbrechung verwechselt worden sind.

Wie die Hauynmineralien durch den chemischen Angriff im Laboratorium so leicht zerstörbar sind, so trifft man auch in der Natur dieselben sehr oft in mehr oder weniger vorgeschrittener Veränderung. Dabei sind mit einiger Wahrscheinlichkeit zweierlei Processe zu unterscheiden, die Zeolithisirung und die eigentliche Verwitterung. Die Zeolithisirung, welche sich chemisch durch Aufnahme von Wasser und Austritt des Sulphats aus dem Molekül vollzieht, macht sich mikroskopisch sehr bald durch die Ausbildung einer faserigen Structur kenntlich. Diese graulichen bis gelblichen,

büschelförmig geordneten Fasern dringen von Klüften und von dem Rande her, oft auch von grösseren Interpositionen ausgehend, in die klare Mineralsubstanz ein. Zufolge der Anisotropie der zeolithischen Fasern erscheinen dieselben zwischen gekreuzten Nicols hellfarbig auf dem dunklen Untergrunde der isotropen Hauynsubstanz. Nach Vollendung der Umwandlung besteht dann der ganze Durchschnitt aus Faserbüscheln, die von verschiedenen Punkten her ausstrahlend, in regellosen Flächen an einander abstossen. Man hat die Erscheinung bei gekreuzten Nicols nicht unpassend mit den Eisblumenfeldern auf einer Glasscheibe verglichen. Der aus dem Hauyn entstehende Zeolith pflegt Natrolith zu sein. Die trübe Färbung dieser Natrolithaggregate ist nicht durch ein Pigment bedingt, sondern zumeist nur eine Folge ihrer ausserordentlich feinfaserigen Aggregation. Sobald die Fasern hinreichend dick sind, schwindet diese Trübung. — Dass neben oder statt des Natrolith bei den kalkreichen Hauynen auch andere Zeolithe entstehen, besonders Stilbit und Chabasit, ist theils nach dem mikroskopischen Habitus, theils nach dem makroskopischen Auftreten dieser Mineralien in Hauyn-reichen Gesteinen sehr wahrscheinlich; der directe Nachweis ist indessen bisher nicht gegeben. Oft aber scheidet sich bei der Umwandlung in Natrolith der Kalkgehalt des Mutterminerals in Form von Calcit aus, wie dieses besonders die Hauyne der Hegauphonolithe sehr deutlich erkennen lassen. Zeolithisirte Hauyne werden durch Glühen in Folge des Wasserverlustes trübe. — Die eigentliche Verwitterung des Hauyn führt anscheinend zu sehr dichten steinmarkähnlichen und oft von Limonit gefärbten Massen und besteht also in einer Entfernung des Sulphats und der Monoxyde unter Aufnahme von Wasser.

Die Verbreitung des Hauyn in den Gesteinen ist eine sehr grosse. Derselbe ist jedoch wesentlich auf kieselsäurearme und alkalireiche Glieder der Ergussgesteinsreihe beschränkt und unterscheidet sich hierdurch von dem Sodalith, der besonders in den alkalireichen Tiefen- und Ganggesteinen vorkommt. Indessen wies A. Osann (mündliche Mittheilung) den Hauyn auch in dem Eläolithsyenit von Montreal in Canada nach. Die eigentlichen Phonolithe, sowie die Leucitophyre enthalten ihn fast ausnahmslos; nicht ganz so regelmässig trifft man ihn in den Tephriten, den Nephelin-* und den Leucitgesteinen, beziehungsweise in ihren feldspathfreien Aus-

* H. R., Der Nephelinit vom Katzenbuckel. Freiburg i. B. 1869.

bildungsformen*. In manchen Nephelingesteinen kann die Menge des Hauyn eine so überwiegende werden, dass er neben dem Pyroxen den Hauptgemengtheil bildet und den Nephelin förmlich verdrängt (Oberbergen am Kaiserstuhl, Neudorf im Erzgebirge, Melfi** in Süd-Italien); man hat solche Gesteine dann wohl Hauynophyre genannt. In allen diesen Felsarten gehört die Bildung der Hauyne aus dem schmelzflüssigen Magma der Zeit zwischen der Ausscheidung der älteren Pyroxengeneration und der Krystallisation des Nephelin an; er ist also unter den eisenfreien, feldspathähnlichen Gemengtheilen der älteste. Das erklärt auch sein Auftreten in den holokrystallinen Auswürflingen der Vulkane***, welche nur die Bildungen der ältesten Entwicklungsperioden der Gesteinsmagmen enthalten. — In allen genannten Gesteinen ist der Hauyn mit Nephelin, oder mit Nephelin und Leucit vergesellschaftet. Ohne diese Mineralien kennt man ihn nur in gewissen canarischen Andesiten. — Dem Schichtgebirge ist der Hauyn ebenso fremd, wie seine normalen Begleiter.

Als selbständige Glieder der Sodalithgruppe betrachtete man früher die nur von einem Fundorte im Kaiserstuhl bekannten und Ittnerit, beziehungsweise Skolopsit genannten Mineralien. Beide finden sich in einschlussartig aussehenden Knauern, die über faustgross werden können, gewöhnlich aber nicht über haselnussgross werden, in einem aus Sanidin, Nephelin, Hauyn, Melanit, Augit, Leucit und Magnetit bestehenden, hie und da auch Amphibol führenden Ganggestein am SW.-Fusse des Badberges bei Oberbergen. Der Gang, welcher mehrmals den sog. Steinriesenweg kreuzt, lässt sich bis zu halber Höhe des Berges verfolgen. Der Ittnerit ist aschgrau bis blaugrau, deutlich spaltbar nach ∞O (110), der Skolopsit lichtgrau bis fleischroth, nicht spaltbar, sondern splittrig brechend. H. Fischer† hatte schon früh die Identität der beiden Substanzen vermuthet und war geneigt, sie auf Grund ihrer Mikrostructur zum Sodalith zu stellen. Verf. wies die Uebereinstimmung ihrer Mikrostructur und ihrer Interpositionen mit denen des Hauyn nach und L. van Werveke†† beseitigte durch eine neue chemische und mikroskopische

* C. Doelter, Die Vulkane der Capverden. Graz. 1882. 137.

** F. Zirkel, Der Hauynophyr von Melfi. L. J. 1870. 818.

*** C. Doelter, l. c. 147 ff.

† L. J. 1869. 346 und Kritische, mikrosk.-mineral. Studien. Freiburg i. B. 1869. 36 ff.

†† L. J. 1880. II. 264 ff.

Untersuchung jeden Zweifel an der Zusammengehörigkeit dieser Mineralien mit dem Hauyn. Allerdings sind beide Mineralien in nicht unbedeutender Weise zeolithisirt und L. van Werveke schliesst aus seinen Analysen, dass der Zeolith Gismondin sei. Auch van Werveke fand die Interpositionen im Ittnerit nach Form, Natur und Anordnung analog denjenigen im Hauyn, glaubt jedoch, statt der oben dem Ilmenit zugeschriebenen Blättchen im Hauyn und Ittnerit Magnetkies beobachtet zu haben. In den dem Verf. zur Verfügung stehenden Material ist kein Magnetkies erkennbar, jedoch stellenweise reichlich die hexagonalen Täfelchen und Blättchen des Eisenglanzes, welche in ihrer Färbung unverkennbar einen Titangehalt andeuten. — Dass der Ittnerit, von welchem die mineralogische Sammlung in Freiburg einen prächtigen grossen Krystall, ∞O (110), besitzt, einen integrirenden Gemengtheil des Gesteins bilde, ergiebt sich aus der von van Werveke zuerst gemachten Beobachtung, dass er sich mit krystallographischen Umrissen gegen die begleitenden Gemengtheile oft deutlich abgrenzt. — Die gleiche Erscheinung lässt sich an dem selteneren Skolopsit beobachten, welcher dadurch ein hohes Interesse gewinnt, dass alle vom Verf. untersuchten Proben prismatische Kryställchen eines schön blauen Sapphir umschliessen, der bei früheren Untersuchungen übersehen wurde. — Das Verhalten der Ittnerit- und Skolopsit-haltigen Partien im Phonolith des Badberges bei Oberbergen macht es wahrscheinlich, dass auch in ihnen ältere Ausscheidungen des Magmas vorliegen.

Die künstliche Darstellung des normalen Hauyn oder Nosean ist bisher nicht gelungen. Ch. und G. Friedel erhielten bei der Einwirkung von Soda und Natriumsulphat auf Kaliglimmer im geschlossenen Rohr einmal hexagonale Säulen von Nosean-artiger Zusammensetzung, aber mit 2 Molekülen Wasser, ein anderes Mal, als der Apparat nicht vollkommen dicht war, Rhombendodekaëder von der Zusammensetzung des Noseans mit einem Mol. Wasser (Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 238 u. 1891. XIV. 69).

Als ebenfalls in die Sodalithgruppe gehörig ist die blaue, meistens vollständig isotrope Substanz zu bezeichnen, welche bei vielen Lasursteinen die Farbe bedingt. Dass die Lasursteine Gemenge seien, deren blaue Farbe einer isotropen Substanz angehört, wurde zuerst von H. Fischer (L. J. 1869. 345 und Kritische, mikrosk.-mineral. Studien. Freiburg i. B. 1869. 40—59) mikroskopisch er-

wiesen. Die Beziehungen dieser Substanz zum künstlichen Ultramarin wurden von H. Vogelsang und neuerdings von W. C. Brögger und H. Bäckström eingehend untersucht. Die letzteren haben dargethan, dass diese blaue Substanz, die sie Lasurit nennen, die Zusammensetzung habe, welche einer isomorphen Mischung

aus 76,9 Molekülen Hauyn $(Na_2 Ca)_2 [Al(S O_4 Na)] Al_2 (Si O_4)_3$

mit 7,4 Molekülen Sodalith $Na_4 (Al Cl) Al_2 (Si O_4)_3$

und 15,7 Molekülen eines Ultramarins $Na_4 [Al(S_3 Na)] Al_2 (Si O_4)_3$

zukomme. Als Hauptgemengtheile der von ihnen mikroskopisch studirten centralasiatischen Lasursteine, zumal aus der Gegend des Baikalsees, nennen sie: Lasurit oder Hauyn, einen fast absolut eisenfreien Diopsid, eine farblose Hornblende (Kokscharowit), ein Muscovit-ähnliches Glimmermineral, Calcit und Pyrit, neben denen nur untergeordnet oder local Skapolith, Plagioklas, Orthoklas, Apatit, Titanit, Zirkon und ein unbekanntes, optisch positives, einaxiges (?) Mineral beobachtet wurden. Aus der Structur der Lasursteine, sowie aus der Discussion der allerdings spärlichen Nachrichten über ihre geologischen Beziehungen schliessen die Autoren, dass diese in die Classe der Kalksilikathornfelse gehören, eine allerdings überraschende Heimath für den Hauyn. Für die Einzelheiten muss auf die Arbeit selbst verwiesen werden.

Analcim.

Literatur.

A. Ben Saude, Ueber den Analcim. L. J. 1882. I. 41—79.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 565—585.

C. Klein, Analcim vom Table Mountain bei Golden, Col. L. J. 1884. I. 250.

E. Mallard, Explication des phénomènes optiques anomaux que présentent un grand nombre de substances cristallisées. Paris. 1877. 57—61.

S. L. Penfield, Crystals of analcite from Phoenix Mine, Lake Superior Copper Region. Amer. Journ. 1885. XXX. 112.

C. Stadtländer, Beiträge zur Kenntniss der am Stempel bei Marburg vorkommenden Mineralien Analcim, Natrolith und Phillipsit. L. J. 1885. II. 97.

Der Analcim ist nirgends ein ursprünglicher Gesteinsgemengtheil, sondern allenthalben ein Auslaugungs- oder Umwandlungsproduct; im ersteren Falle bildet er in den Drusen aufgewachsene Krystalle von den Formen $\infty O \infty$. 2O2 (100) (211) oder 2O2 (211) oder füllt diese Drusen ohne eigene Krystallform vollständig aus; im letzteren Falle erscheint er in Pseudomorphosen und hat die Form des ursprünglich vorhandenen Minerals. Seine Durchschnitte

sind demnach nicht charakteristisch. Nach keinem andern Mineral trifft man den Analcim so oft in Pseudomorphosen, als nach dem Nephelin. Als Beispiel für die erstere Art seines Auftretens sei die Lava von den Scogli dei Cyclopi und die Basalte der Colli Berici im Vicentinischen erwähnt, der Analcimit der älteren Petrographie; für die zweite Erscheinungsform liefern die Teschenite aller Localitäten, besonders auch diejenigen von Teschen und Neutitschein, Repräsentanten, aus welchen G. Tschermak* den Analcim beschrieb. In analoger Weise tritt er pseudomorph nach Nephelin in den Tephriten, Phonolithen, Theralithen und Eläolithsyeniten auf und zwar sind es besonders die grösseren Nephelinindividuen, welche der Umwandlung zu Analcim unterliegen. In Pseudomorphosen nach Leucit kommt er in den Leucitophyren und Leucitbasalten vor.

Die Spaltbarkeit nach $\infty O \infty$ (100) ist meistens ziemlich deutlich wahrnehmbar, oder lässt sich doch durch rasches Erwärmen der Präparate hervorbringen. Sp. G. 2.15—2.28.

$NaAlSi_2O_6 + aq$. In allen Mineralsäuren unter Ausscheidung von Kieselgallerte löslich; mit einer dünnen Haut von Salzsäure überzogen, gelatinirt die Oberfläche und lässt sich dann gut mit Farbstoffen tingiren. Die durch Wasserverlust bei starkem Glühen eintretende Trübung ist eine sehr merkliche, oft eine totale.

Brechungsexponent niedrig, wie bei allen Zeolithen. $n_\varrho = 1.4874$ nach Des Cloizeaux. Farblos im durchfallenden Lichte. Die bei den aufgewachsenen Analcimen sehr verbreiteten optischen Anomalien sind bei den eingewachsenen verhältnissmässig selten wahrnehmbar, wenn man die Untersuchung nicht in empfindlichen Farbentönen anstellt. Dabei sind die optisch activen Stellen meist wenig scharf von einander abgegrenzt und das Gesetz ihrer krystallonomischen Vertheilung wenig präcis hervortretend. Die zuerst von Brewster beobachtete Doppelbrechung des Analcim ist in neuerer Zeit mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen; ausser den oben angeführten Arbeiten sind nach dieser Richtung die Mittheilungen von v. Lasaulx** über den sog. Pikranalcim vom Monte Catini und den ätnäischen Analcim, von Arzruni und Koch*** über die Analcime der Kerguelen-Inseln zu erwähnen. Alle Beobachtungen constatiren gleichmässig, dass bei Dünnschliffen von Analcim

* S. W. A. 1866. LIII. 275.

** L. J. 1878. 510—514; Z. X. 1881. V. 330—334.

*** Z. X. 1881. V. 483—489.

zwischen gekreuzten Nicols eine Feldertheilung, beziehungsweise eine zwillingsartige Lamellirung eintritt, welche die grösste Analogie mit den Verhältnissen erkennen lässt, die den ikositetraëdrischen Typus am Granat (S. 299) charakterisiren. Es liegt demnach mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Spannungsdoppelbrechung vor; Ben Saude vermochte daher auch die optischen Anomalien des Analcim in vollständigster Weise künstlich an Gelatine nachzuahmen, welche er in Hohlformen des Oktaëders, Würfels, Rhombendodekaëders und Ikositetraëders eintrocknen liess. Das Gesetz für die Vertheilung der Doppelbrechung war bei Analcim und den Gelatine-Imitationen das folgende: In optischem Sinne geht von jeder Fläche aus nach der Mitte des Krystalls eine Pyramide, welche als Basis dieselbe Fläche hat und so viel Seiten besitzt, als Kanten die Fläche begrenzen. Mit dem Wechsel der äusseren Begrenzungen geht ein entsprechender Wechsel der optischen Structur vor sich. Jeder äusseren Kante am Krystall entspricht im Innern eine optische Grenze, jeder Fläche ein optisches Feld. Brögger erkannte an den Analcimkrystallen der Augitsyenite des Langesund, dass die Einwirkung der äusseren Krystallfläche auf die Vertheilung der optischen Elasticität sich auf die peripherischen Theile der Krystalle beschränkte, während in deren inneren Theilen eine herrschende Zwillingslamellirung nach den Hauptsymmetrieebenen, eine untergeordnete nach den Flächen von ∞O (100) sich zeigte. — Penfield fand die Doppelbrechung bei den schönen Analcimen von Phoenix Mine abhängig von einem älteren centralen Kernkrystall. — Eine gelinde Erwärmung im Wasser- oder Paraffinbade vermindert nach A. Merian* die Stärke der Doppelbrechung in sehr deutlicher Weise; nach C. Klein geht dieselbe bei stärkerer Erhitzung in einer Wasserdampfatmosphäre ganz verloren. Stadtländer bestimmte diese Temperatur bei Krystallen vom Stempel bei Marburg zu 240°—250° C. Starkes Glühen dagegen, durch welches der Analcim anfängt, Wasser zu verlieren, erhöht die Doppelbrechung, wo sie nur schwach vorhanden, ruft sie sogar hervor, wo sie vorher nicht wahrnehmbar war. Die durch schwache Erhitzung, ohne Wasserverlust, erzeugte Veränderung der Doppelbrechung verschwindet mit dem Sinken der Temperatur; die durch starkes Glühen, mit Wasserverlust der Platte. hervorgebrachte Veränderung bleibt constant auch nach der Rückkehr zu der normalen

* L. J. 1884. I. 195.

Temperatur. Die durch Glühen künstlich zu erzeugende Doppelbrechung kann gelegentlich zur Diagnose des Analcim benutzt werden. — Fast alle Beobachter constatirten eine leichte Trennbarkeit der untersuchten Platten in einzelne Stücke nach den optischen Grenzen in denselben. Diese vollzog sich z. Th. schon beim Schleifen, z. Th. beim Erwärmen der Präparate.

Vom Leucit, mit welchem man optisch activen Analcim wohl verwechseln könnte, unterscheidet ihn am besten seine Gelatination mit Salzsäure und die Behandlung mit Kieselfluorwasserstoffsäure. Der Analcim liefert dann fast ausschliesslich die charakteristischen hexagonalen Krystalle des Kieselfluornatrium, der Leucit ganz vorwiegend die regulären des Kieselfluorkalium. — Auch des specifischen Gewichts bedient man sich mit Vortheil zur Unterscheidung.

Die künstliche Darstellung des Analcim gelang A. de Schultén* durch Erhitzung von Natronlauge oder Natriumsilikaten in zugeschmolzenen Röhren eines thonerdehaltigen Glases bei 180°—190° C. während 18 Stunden. Die sehr scharfen Kryställchen, 2O2 (211), besitzen die Doppelbrechung der natürlichen Analcime. Später** stellte derselbe Verfasser den Analcim dadurch in Krystallen der Formen 2O2 (211) und ∞O∞ (100) für sich allein oder in Combination dar, dass er Natriumsilikat und Natriumaluminat in den der Zusammensetzung des Analcim entsprechenden äquivalenten Mengen und bei Gegenwart von Kalkwasser in hermetisch geschlossenen Kupferröhren 17 Stunden lang auf 180° C. erhitzte. Die so erzeugten Krystalle waren durchaus isotrop. Die Form 2O2 (211) bildete sich aus sehr concentrirten und sehr alkalischen Lösungen; andernfalls entstand ∞O∞ (100) ohne oder mit 2O2 (211).

Dass der Eudnophit Weibye von Laaven Analcim sei, wies Brögger überzeugend nach. Derselbe zeigt neben vollkommen isotropen Partien meist eine plagioklasähnliche Zwillingslamellirung, wobei die sich nach der jeweiligen Schlifflage unter verschiedenen Winkeln kreuzenden Lamellen herrschend nach den Würfelflächen, untergeordnet nach denen des Rhombendodekaëders geordnet zeigen. Interessant ist ihre Abhängigkeit von Spaltrissen nach ∞O∞ (100) und die Thatsache, dass Brögger immer die grösste optische Elasticität der anisotropen Streifen parallel ihrer Längsrichtung liegend fand, mochte ihre Orientirung sonst sein, welche sie wollte.

---

* C. R. 1880. XC. 1493 und Bull. Soc. min. Fr. 1880. III. 150.

** Bull. Soc. min. Fr. 1882. V. 7.

Perowskit.

Literatur.

A. Ben Saude, Ueber den Perowskit. Göttingen. 1882.
Em. Boficky, Ueber Perowskit als mikroskopischen Gemengtheil eines für Böhmen neuen Olivingesteins, des Nephelinpikrites. Sitzungsber. d. k. böhm. Ges. d. Wissensch. 13. Okt. 1876.
C. Klein, Perowskit von Pfitsch in Tyrol. L. J. 1884. I. 245—250.
A. Sauer, Erläuterungen zu Section Wiesenthal der geol. Specialkarte des Königr. Sachsen. Leipzig. 1884. pg. 54.
— Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem sächsischen Erzgebirge. Z. D. G. G. 1885. XXXVII. 445—448.
A. Stelzner, Ueber Melilith und Melilithbasalte. L. J. B.-B. II. 1882. 390 ff.

Der Perowskit erscheint in den eruptiven Gesteinen in der Form des Oktaëders (Taf. XIV Fig. 3) und bildet nur mikroskopisch wahrnehmbare, 0.02—0.03 mm Durchmesser haltende, selten bis zu 0.6 mm, ja bis zu Schrotkorn- und Erbsengrösse (Wiesenthal) wachsende Krystalle von meistens recht scharfen, aber auch wohl gerundeten und wie abgeschmolzenen Formen. Würfelform der Krystalle mit untergeordnetem ∞O (110) und O (111) beobachtete Sauer in den älteren Ausscheidungen der Nephelinbasalte von Wiesenthal. Die Krystalle ballen sich gelegentlich zu Gruppen. Wachsthumsformen, die wie Durchkreuzungszwillinge aussehen und unregelmässig verästelte Krystallskelette kommen gleichfalls vor; zu ihnen sind auch wohl die von mehreren Autoren angegebenen zackigen Blättchen zu zählen. — Dagegen herrscht bei den in den krystallinen Schiefern oder ihren Einlagerungen spärlich vorkommenden Perowskitkrystallen (Achmatowsk, Zermatt) die Würfelform.

Im auffallenden Lichte ist der Perowskit (die Kryställchen erscheinen wie ein feines Pulver) graugelblich bis graubraun, im durchfallenden Lichte graulichweiss, violettgrau, graubraun, bräunlichgelb bis rothbraun, selten mit grünlichen Tönen, noch seltener mit einem schwachen zonaren Wechsel der Farbe. Der Brechungsexponent ist bisher nicht gemessen, aber jedenfalls sehr stark und nach dem Gladstone'schen Gesetz 2.39; in Folge davon ist die Totalreflexion eine bedeutende und die Oberfläche der durchschnittenen Kryställchen eine stark runzelige. Die dunklen Ränder, welche die Totalreflexion bedingt, haben zu mannichfachen Täuschungen über die Krystallformen und das Vorhandensein eines schaligen Baues Veranlassung gegeben.

Zwischen gekreuzten Nicols erweist sich der Perowskit nicht isotrop, sondern doppelbrechend und zwar so, dass bei den grösseren

Kryställchen Partien von verschiedener Orientirung der Elasticitätsaxen in Form sich mannichfach durchkreuzender, optisch zweiaxiger Streifensysteme nach Art eines complicirten Zwillingsgebildes sich durchsetzen. Bei sehr kleinen Krystallen sind diese Lamellenzüge nicht wahrnehmbar. Gestützt auf diese Erscheinungen, sowie auf die Aetzfiguren, welche Baumhauer* studirte, haben manche Autoren den Perowskit zu den mimetischen Substanzen gestellt. Es ist jedoch durch die oben citirten Studien von C. Klein und A. Ben Saude sehr wahrscheinlich gemacht worden, dass auch beim Perowskit die Doppelbrechung eine anomale ist. Immerhin sind die Verhältnisse hier nicht so klar und durchsichtig, wie beim Granat und Analcim und bisher ist es nicht gelungen, durch Erhitzung die der regulären Form entsprechende Isotropie wieder herzustellen.

H. = 5.5. — Sp. G. 4.1. — Chem. Zus. $CaTiO_3$. Ein Theil des Kalkes scheint nicht selten in bedeutender Menge durch FeO vertreten zu werden. Salzsäure greift den Perowskit nicht an, ebensowenig wässrige Flusssäure. Concentrirte Schwefelsäure löst ihn bei Erwärmung auf. Durch combinirte Benutzung des Eigengewichts, der chemischen Unangreifbarkeit und seines sehr indifferenten Verhaltens gegen einen kräftigen Elektromagneten lässt sich der Perowskit leicht aus den Gesteinen isoliren.

Der Perowskit ist in den Felsarten gewöhnlich ganz einschlussfrei und unzersetzt. Doch beobachtete Sauer (l. c.) eine Umwandlung desselben in eine, den Umwandlungsproducten des Titaneisens und Rutils durchaus analoge Substanz (Leukoxen) bei den Vorkommnissen in dem Oberwiesenthaler Nephelinbasalt.

Bei flüchtiger Beobachtung ist der Perowskit, wenn undurchsichtig, wohl zu verwechseln mit Eisenerzen und Spinellen; von ersteren unterscheidet ihn der Mangel des Metallglanzes und die Unlöslichkeit in Salz- und Salpetersäure. Die durchsichtigen Krystalle und Körner des Perowskit sind leicht zu verwechseln mit Spinell, Chromit, Granat und Titanit. Eine sichere Unterscheidung ist nur an isolirtem Material durch Nachweis der Titansäure und des Fehlens von Kieselsäure und Chrom zu geben.

Der Perowskit ist ein nahezu constanter Gemengtheil der jüngeren basischen Eruptivgesteine, zumal der Melilithbasalte und der chemisch damit verwandten Ganggesteine. In einem Melilithbasalt vom Wartenberge in Böhmen wies ihn zuerst Bořicky

* Z. X. 1879. IV. 187—200.

nach. Hussak* zeigte seine Verbreitung in Leucit- und Nephelingesteinen. Seltener trifft man ihn in Eläolithsyeniten (Ditró). Er gehört zu den ältesten Ausscheidungen in den Eruptivmagmen dieser Gesteine und tritt daher als Einschluss in den meisten andern Gemengtheilen auf. Begleitet wird er von Magnetit und Chromit, mit welchen er auch verwächst und mit denen er gern sich um spätere Ausscheidungen kranzähnlich ordnet. — O. Mügge beobachtete den Perowskit in Pyroxengneissen des Massailandes**.

Ebelmen*** war der erste, welcher den Perowskit künstlich darstellte, indem er Kalkstein und ein Alkalisilikotitanat zusammenschmolz oder ein Gemisch von Kalk, Titansäure und einem Alkalicarbonat bei sehr hoher Temperatur bis zur Verflüchtigung des Alkalis behandelte. Die braunen oktaëdrischen Krystalle hatten sp. G. = 4.1 und erwiesen sich als doppelbrechend. — Hautefeuille† erhielt reguläre, farblose oder gelbliche, aus doppelbrechenden Lamellen aufgebaute, reguläre Perowskitkrystalle, als er über eine Schmelze von Titansäure, Kieselsäure und Chlorcalcium einen langsamen Strom feuchter Luft oder Kohlensäure, nebst Salzsäuredämpfen hinleitete. — L. Bourgeois†† schmolz die Bestandtheile des Perowskit mit basischen Silikaten oder Silikatgesteinen zusammen und hielt die Schmelze längere Zeit in viscosem Zustande. Es bildeten sich Oktaëder und Wachsthumsformen des Perowskit mit unregelmässiger, aber deutlicher Einwirkung auf polarisirtes Licht. War die Silikatschmelze, in welcher der Perowskit gelöst war, zu sauer, so entstand nicht Perowskit, sondern Titanit.

Pyrrhit.

Literatur.

L. Hubbard, Ueber Azorit, Pyrrhit und Zirkon vom Laacher See, sowie Pyrrhit und Azorit von San Miguel. Sitzungsber. niederrh. Ges. f. Natur- u. Heilk. 7. Juni 1886.

A. Osann, Ueber Sanidinite von San Miguel. L. J. 1888. I. 126.

Das seltene Mineral bildet Oktaëder, welche selten bis 2 mm gross werden.

Farbe hyacinthroth im auffallenden, orangegelb bis roth im

* Die basaltischen Laven der Eifel. S. W. A. 1878. LXXVII. April.

** Mittheil. d. geogr. Ges. in Hamburg. 1882—1883. Hamburg 1885. 6 und L. J. B.-B. IV. 581.

*** C. R. 1851. XXXII. 710 u. XXXIII. 525.

† Ann. Phys. Chim. 1865. IV. 154.

†† Ann. Phys. Chim. 1883. XIX.

durchfallenden Lichte. Hoher Glasglanz. Brechungsexponent etwa wie bei Zirkon. Vollständig isotrop. — Ohne Spaltung.

H. = 5.5, mit einer Stahlspitze ritzbar, wichtiger Unterschied gegen Spinell. Sp. G. = 4.1—4.3. In heisser Schwefelsäure löslich. In der Lösung wies Osann mikrochemisch Niob- oder Tantalsäure, Titansäure, Kalk, Eisen und Natrium nach, wahrscheinlich auch Zirkonerde oder ein Cermetall.

Findet sich in Sanidiniten von San Miguel und vom Laacher See.

Wie nahe der Pyrrhit dem geologisch verwandten und sich sehr ähnlich verhaltenden Pyrochlor stehe, ist noch nicht erwiesen. Letzterer zeigt nach Brögger (Z. X. 1890. XVI. 510) in den frischeren und helleren Partien bisweilen schwache Doppelbrechung. Er tritt in den pegmatitischen Gängen und an den Randzonen der Augitsyenite und Eläolithsyenite des Langesund, sowie in dem Ditroit Siebenbürgens und bei Miask auf.

Auch der Koppit Knop's aus dem körnigen Kalk von Schelingen am Kaiserstuhl dürfte diesen Mineralien nahe stehen, ist aber frei von Titansäure.

Mineralien des quadratischen Krystallsystems.

Die quadratischen Mineralien sind doppelbrechend mit einer optischen Axe. Letztere fällt mit der krystallographischen Hauptaxe zusammen und ist zugleich Axe der grössten oder kleinsten Elasticität. Im ersten Falle nennt man den Charakter der Doppelbrechung negativ und der ordentliche Strahl wird stärker gebrochen ($\omega > \varepsilon$); im zweiten Falle ist die Substanz optisch positiv und der ausserordentliche Strahl wird stärker abgelenkt ($\omega < \varepsilon$). Jeder der beiden Strahlen wird verschieden stark absorbirt und die quadratischen Mineralien zeigen demnach, wenn sie farbig oder gefärbt sind, einen mehr oder weniger deutlichen Pleochroismus in allen Schnitten, die nicht parallel oP (001) liegen. — Die Schnitte senkrecht zu c haben quadratische oder oktogonale Umrisse, beziehungsweise Blätterdurchgänge, oder es fehlen die gesetzmässigen Umgrenzungen und die Spaltbarkeit geht nach oP (001); dieselben verhalten sich im parallelen polarisirten Lichte wie Schnitte aus isotropen Substanzen, sie bleiben also zwischen gekreuzten Nicols bei einer vollen Umdrehung dunkel; im convergenten polarisirten Lichte zeigen sie ein bei der Drehung des Präparats unverändertes Interferenzkreuz mit oder ohne farbige Ringe, dessen Arme parallel den Hauptschnitten der Nicols liegen. — Die Schnitte, welche parallel oder schief gegen c geführt sind, zeigen mit der Schnittlage und Krystallform wechselnde Umrisse, die Blätterdurchgänge werden durch parallele oder sich schneidende Risssysteme erkennbar; im parallel polarisirten Lichte sind die Durchschnitte doppelbrechend; bei einer vollen Drehung zwischen gekreuzten Nicols zeigen sie einen viermaligen Wechsel von farbig und dunkel und die Dunkelstellungen werden jedesmal dann erreicht, wenn die Spaltungsrisse zu einem Nicolhauptschnitt parallel sind oder wenn ihre Winkel von demselben symmetrisch halbirt werden. — Im convergenten Lichte erscheint die Interferenzfigur der basischen

Schnitte seitlich im Gesichtsfelde und bewegt sich am Rande desselben so, dass die Kreuzesarme sich parallel mit sich selbst verschieben, so lange der Schnitt nicht allzuschief gegen c traf; bei Schnitten parallel der Hauptaxe werden eventuell gestreckt hyperbolische Curven sichtbar, welche symmetrisch zur Hauptaxe sind.

Optische Anomalien geben sich in den basischen Schnitten bei Beobachtung im convergenten polarisirten Licht dadurch kund, dass das Interferenzkreuz sich bei Drehung des Präparats in zwei Hyperbeln öffnet und das Bild eines zur spitzen Bissectrix senkrecht geschnittenen zweiaxigen Körpers mit kleinem Axenwinkel bietet. Verschiedene Stellen einer solchen abnormen Platte zeigen gemeiniglich wechselnde Grösse des scheinbaren Axenwinkels und wechselnde Lage der scheinbaren Axenebene. Im parallel polarisirten Licht beobachtet man dann bisweilen eine Feldertheilung in den basischen Schnitten.

Rutil.

Literatur.

A. Cathrein, Ein Beitrag zur Kenntniss der Wildschönauer Schiefer und der Thonschiefernädelchen. L. J. 1881. I. 169—183.

A. von Lasaulx, Ueber Mikrostructur, optisches Verhalten und Umwandlung des Rutil in Titaneisen. Z. X. 1883. VIII. 59—75.

A. Sauer, Rutil als mikroskopischer Gesteinsgemengtheil. L. J. 1879. 569—576.

— Rutil als mikroskopischer Gemengtheil in der Gneiss- und Glimmerschieferformation, sowie als Thonschiefernädelchen in der Phyllitformation. L. J. 1881. I. 227—238.

L. van Werveke, Rutil im Ottrelithschiefer von Ottrez und im Wetzschiefer der Ardennen. L. J. 1880. II. 281—283.

Die Formenentwicklung des Rutil ist in den Gesteinen eine überaus verschiedene. Wo er grössere Dimensionen besitzt, pflegt er Körnerform zu haben oder doch gern stark gerundete Kanten und Ecken; dagegen besitzen die auch für mikroskopische Beobachtung noch sehr winzigen Individuen gewisser Schiefergesteine oft modellähnliche Schärfe der Krystallformen. $111 : 11\bar{1} = 84° 40'$. Der Habitus derselben ist stets ein prismatischer und die erkennbaren Formen sind dieselben, wie an den makroskopischen Krystallen, auch besitzen sie die gleiche Streifung parallel c. Zwillingsbildungen sind überaus häufig und verlaufen entweder nach dem Gesetz: Zwillingsebene ist $P\infty$ (101) oder nach dem bei den makroskopischen Individuen selteneren Gesetz: Zwillingsebene ist $3P\infty$ (301). Bei dem ersten Gesetz bilden die Hauptaxen der verzwillingten Indi-

viduen einen Winkel von 65° 35′, bei dem zweiten einen solchen von 54° 44′. Die Zwillinge der ersten Art pflegen knieförmig [Fig. 119 ∞P . ∞P∞ . P∞ (110) (100) (101)], die der zweiten herz-

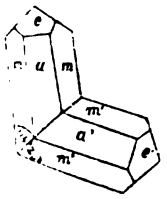


Fig. 119.

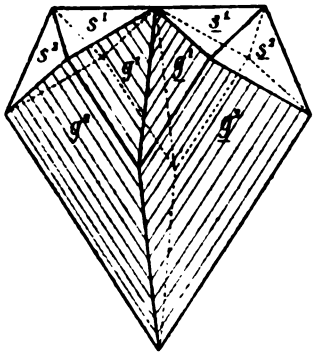


Fig. 119a.

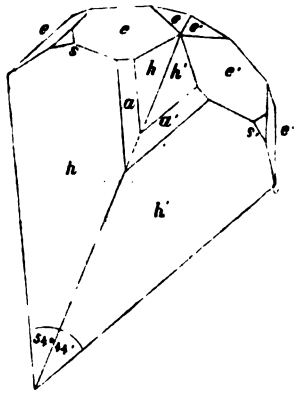


Fig. 120.

förmig [Fig. 120 ∞P3 . ∞P∞ . P∞ . P . (310) (100) (101) (111)] zu sein.

Meistens ist die Zwillingsebene auch Verwachsungsebene; doch wies Max Bauer (L. J. 1891. I. 217 sqq.) bei Krystallen von Magnet Cove auch das Gesetz nach: Zwillingsebene P∞ (101), Verwachsungsebene darauf senkrecht. Dadurch entstehen herzförmige Gestalten, welche denen des an zweiter Stelle genannten Gesetzes in hohem Grade ähneln, wie die Vergleichung der diese Verwachsung darstellenden Fig. 119a (∞P . P) mit Fig. 120 ergiebt. Auch Drillinge nach diesem Gesetze werden beschrieben und man wird bei den Darstellungen von M. Bauer vielfach an mikroskopische Rutile aus den Schiefergesteinen erinnert. — Nicht selten tritt bei den grösseren Körnern und Krystallen in den Umrissen keine Andeutung der Zwillingsbildung hervor und dennoch erweisen sich dieselben im polarisirten Lichte als durch und durch verzwillingt, indem einem Hauptindividuum mehr oder weniger reichliche Lamellen in Zwillingsstellung nach dem ersten Gesetz eingelagert sind. Dieselben schneiden alsdann die Hauptaxe entweder unter Winkeln von 65° 35′ oder 57° 12′,5, sie stehen also in Zwillingsstellung zu diesem oder unter einander und pflegen nach allen Flächen von P∞ (101) angeordnet zu sein. In einem Schnitt nach ∞P∞ (100) sieht man

Fig. 121.

diese Lamellirung, wie Fig. 121 zeigt, in einem basischen Schnitt erhält man das Bild von Fig. 122. Die Lamellen durchsetzen also den Krystall bald vollständig, bald nur theilweise*. Oft ist auch, zumal bei kleineren Individuen, nur ein Lamellenzug vorhanden. Bei genauer Einstellung auf die Oberfläche der Kryställchen sieht man den Austritt der Lamellenzüge bisweilen als eine schräge Streifung auf der Prismenfläche. — Die kleinen bis sehr kleinen Individuen des Rutil erscheinen mit Vorliebe in zwillingsartig verwachsenen Nadeln und bilden dann auch jene von DE SAUSSURE mit dem Namen Sagenit belegten netzförmigen Verwachsungen, von deren überraschender Mannichfaltigkeit Fig. 123 eine schwache Vorstellung geben mag. Die Maschen eines solchen Sagenitgewebes sind nur anscheinend 60° und 120°, in Wirklichkeit entsprechen die Winkel durchaus den beiden angegebenen Gesetzen; Ausnahmen hiervon scheinen dadurch zu entstehen, dass Nädelchen sich beiden Gesetzen zu fügen bestrebt sind, um in ein schon theilweise gebildetes Netz eintreten zu können. Derartige Gebilde pflegen sehr klein zu sein; die Einzelindividuen messen in der Längsrichtung nur nach $\frac{1}{100}$, oft nach $\frac{1}{1000}$ mm.

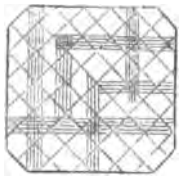


Fig. 122.

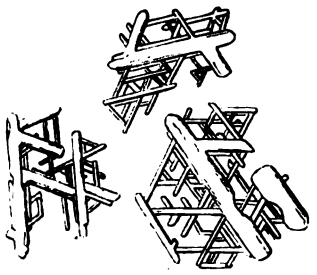


Fig. 123.

Die Spaltbarkeit des Rutil nach ∞P (110) ist sehr vollkommen und giebt sich durch feine und sehr geradlinige Risse kund (Fig. 121 u. 122); diejenige nach ∞P∞ (100) ist weniger vollkommen, die ihr entsprechenden Spaltrisse sind rauh, zackig und setzen gern treppenartig ab, werden auch erst bei recht dünnen Schliffen gut sichtbar. In Schnitten nach oP (001) hat man also zwei Systeme sich rechtwinklig schneidender Risse; das eine dieser Systeme ist gegen das andere um 45° verwendet; in Schnitten schief zur Hauptaxe schneiden sich die Spaltrisse in um so spitzeren rhombischen

* O. MÜGGE hat es wahrscheinlich gemacht, dass diese Zwillingslamellirung eine Druckerscheinung sei, wobei die Fläche P∞ (101) als Gleitfläche diente (L. J. 1884. I. 216), auf die nicht seltene Abhängigkeit der Lamellen von verdrückten und verbogenen Stellen der Krystallkanten und Flächen hingewiesen und gewisse Unterscheidungsmerkmale zwischen ursprünglicher und secundärer Zwillingslamellirung nach P∞ (101) mitgetheilt. Man vergl. L. J. 1886. I. 147—154 231—237.

Figuren, je steiler die Schnittfläche liegt; bei Durchschnitten parallel c sind alle Spaltrisse parallel. — Risse, die z. Th. mit secundären Substanzen erfüllt, wohl auch Absonderungs- und Gleitflächen entsprechen, nach $\frac{9}{2}$P∞ (902) beobachtete Mügge an gequetschten Rutilen vom Ural und der Gegend von Snarum.

Der Rutil gehört zu den stärkst lichtbrechenden Substanzen und hat optisch positiven Charakter; unter den gesteinsbildenden Mineralien übertrifft ihn keines weder in der Stärke der Lichtbrechung, noch der Doppelbrechung. Bärwald* bestimmte am Rutil aus den Goldsanden von Syssert im Ural

$$\omega_{li} = 2.5671 \quad \varepsilon_{li} = 2.8415$$
$$\omega_{na} = 2.6158 \quad \varepsilon_{na} = 2.9029$$
$$\omega_{te} = 2.6725 \quad \varepsilon_{te} = 2.9817$$

Dadurch ist es bedingt, dass die Oberfläche der Schnitte sehr deutlich runzelig, die Totalreflexion an den Rändern eine starke und die Interferenzfarben; selbst der minimalsten Nädelchen, noch sehr hohe sind. Schon bei einer Dicke von noch nicht $\frac{1}{1000}$ mm geben sie das Roth I. Ordnung; sobald die Dimensionen etwas zunehmen, erhält man schon die undeutlichen Farben höherer Ordnung, die bei der tiefen Eigenfärbung des Rutil dann gar nicht mehr erkennbar sind.

Der Pleochroismus des im durchfallenden Lichte je nach der Dicke bald gelben, bald rothbraunen oder fuchsrothen, in manchem Gestein auch violettlichgrauen Rutils ist ein ziemlich wechselnder; dickere Kryställchen und die allerfeinsten Nädelchen scheinen gar nicht pleochroitisch zu sein; an solchen mittlerer Dimensionen findet man gelegentlich O gelb bis bräunlichgelb, E braungelb bis gelbgrün**, die Absorption für E > O. In Folge dieses Pleochroismus erscheinen verzwillingte Krystalle oft streifenartig grün und gelb gefärbt.

Eine Folge der Zwillingsbildungen ist es, dass basische Schnitte des Rutil so oft nicht die einfache Interferenzfigur der optisch einaxigen Krystalle im convergenten Lichte zeigen, sondern Erscheinungen, welche mehr oder weniger lebhaft an diejenigen zweiaxiger Krystalle senkrecht zu einer Bissectrix erinnern. Das hatte Mallard*** veranlasst, den Rutil zu den mimetischen Krystallen zu

* Z. X. 1882. VII. 167.

** K. A. Lossen in Jahrbuch der k. preuss. geolog. Landesanstalt für 1880. Berlin. 1881. pg. 37.

*** Explication des phénomènes optiques anomaux etc. Paris. 1877. 80.

stellen; v. Lasaulx hat diese anscheinenden Anomalien als eine nothwendige Folge der Zwillingsbildung erwiesen. — Bringt man den basischen Durchschnitt Fig. 122 unter das Mikroskop bei abgenommenem Analysator, so werden, falls Pleochroismus vorhanden ist, bei einer Drehung desselben die dem Hauptkrystall, sowie abwechselnd die dem einen System von Zwillingslamellen angehörigen Theile gelb, das andere System von Zwillingslamellen grün erscheinen. Zwischen gekreuzten Nicols muss das Präparat in seiner ganzen Ausdehnung das Licht auslöschen, sobald die Diagonalen der Spaltbarkeit nach ∞P (110) mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen, denn dann liegen in allen Lamellen die Hauptaxen parallel oder senkrecht zu einem Nicolhauptschnitt. Dreht man nun das Präparat, so bleiben die dem Hauptkrystall angehörigen Theile selbstverständig dunkel, weil senkrecht zu c geschnitten, die Lamellen aber werden hell und erreichen das Maximum der Aufhellung nach einer Drehung von 45°. — Beobachtet man alsdann im convergenten Lichte, so müssen sich die verschiedenen Theile einer solchen basalen Platte verschieden verhalten, je nachdem das Licht an der beobachteten Stelle nur Theile des Hauptkrystalls oder auch Theile der Zwillingslamellen durchläuft. Fig. 124 giebt einen Querschnitt einer solchen basalen Platte und man sieht sofort, dass man bei *a* das ungestörte Bild der Interferenzfigur eines einaxigen Körpers haben muss, während man bei *b* eine Erscheinung beobachten wird, als wenn man eine (20°—30°) schief gegen die Hauptaxe geschnittene Platte mit einer dazu senkrechten combinirt, bei *c*, als wenn man mit der Normalplatte zwei mit gleicher Neigung schief geschnittene nach entgegengesetzter Richtung über einander legt, während bei *d* die Erscheinung so werden muss, als wenn man die schief geschnittenen Platten senkrecht zu einander über die Normalplatte ordnet. In der That konnte v. Lasaulx durch Combination solcher Platten aus Calcit die scheinbaren Anomalien des Rutil vollständig nachahmen.

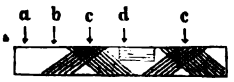


Fig. 124.

Das hohe Eigengewicht = 4.20—4.25 des Rutil = TiO_2 und seine fast vollständige Unangreifbarkeit durch Salzsäure und Flusssäure erleichtern die Isolirung desselben aus den Gesteinen auch bei den winzigsten Dimensionen ausserordentlich. Bei Behandlung mit Flusssäure und Schwefelsäure oder mit Schwefelsäure allein wird er stark angegriffen. Zur Unterscheidung des isolirten Pulvers von Zirkon und Cassiterit, mit denen eine Verwechslung trotz

ihrer geringeren Doppelbrechung nicht unmöglich wäre, schmilzt man am Platindraht eine kleine Quantität mit entwässertem Kaliumbisulphat zu einer Perle und betupft diese auf einem Porcellanteller mit einem Tropfen von Wasserstoffsuperoxyd. Bei Gegenwart von Titansäure färbt sich die Perle und die Lösung gelb bis orange, je nach der Menge des vorhandenen Titan.

Trotz seiner schweren Angreifbarkeit findet man den Rutil in den Gesteinen bisweilen in derartigen Beziehungen zu andern Mineralien, dass man diese als Umwandlungsproducte des Rutil ansehen muss. Ganz besonders verbreitet, zumal in den Amphibolgesteinen der Formation der krystallinen Schiefer, ist die Verwachsung des Rutil mit Titaneisen und mit einer faserigen oder körnigen, stark lichtbrechenden Substanz von weisser, gelblicher, auch grünlicher Farbe, welche mit dem von Gümbel Leukoxen benannten Umwandlungsproduct des Ilmenits der Diabase identisch ist. Dieselbe empfing von v. Lasaulx*, der sie in den Amphiboliten von Lampersdorf in Schlesien studirte, die Benennung Titanomorphit, und wurde von ihm auf Grund einer unrichtigen Analyse für Calciumbititanat gehalten, während Sauer dieselbe Substanz in ähnlichen Gesteinen des Erzgebirges für Titansäure ansprach. Cathrein** wies alsdann nach, dass dieselbe Titanit sei, womit auch v. Lasaulx' Angaben über die Krystallformen und das optische Verhalten derselben durchaus stimmen. Dass hier eine Pseudomorphose und keine ursprüngliche Verwachsung vorliegt, geht daraus hervor, dass die Menge des Rutil und seiner Titanithülle in allen Verhältnissen vom zartesten Ueberzuge bis zu vollständiger Ersetzung des Rutil durch den Titanit schwankt, und dass während aller Stadien dieses Processes die äusseren Umrisse des Titanit und Rutil geometrisch ähnlich sind.

Dieselbe geht bisweilen Hand in Hand mit einer Umwandlung des Rutil in Ilmenit. Solche mehr oder weniger vorgeschrittene Umwandlungen von Rutil in Titaneisen liegen in dem sog. Nigrin vor, wie v. Lasaulx überzeugend dargethan hat. Die Pseudomorphose beginnt damit, dass von den Rändern her und auf den Spaltrissen nach $\infty P\infty$ (100) feine Häute und dickere zackig umgrenzte Lamellen vordringen, welche bei hinreichender Dünne bräunlich durchscheinend, bei grösserer Dicke opak und metallisch glänzend er-

* L. J. 1879. 568 und Z. X. 1880. IV. 162—168.

** Al. Cathrein, Ueber Titaneisen, Leukoxen und Titanomorphit. Z. X. 1881. VI. 244—256.

scheinen, und schliesslich unter Erhaltung der Mikrostructur des Rutil diesen mehr und mehr verdrängen.

Dass auch der Rutil seinerseits secundärer Entstehung sein kann, wies P. Mann* nach; derselbe fand ihn als Umwandlungsproduct nach Titanit in einem Eläolithsyenit der Serra de Monchique. — Sehr wahrscheinlich sind auch die in den zersetzten Glimmern der Kersantite und Minetten, sowie in manchen unfrischen Phlogopiten** auftretenden Sagenitgewebe Auslaugungsproducte ihrer Wirthe. Die Nädelchen des Rutil häufen sich zu regellosen Gruppen oder durchspicken nach allen Richtungen das Muttermineral oder sie ordnen sich wohl auch in drei, sich unter Winkeln von 60° schneidenden Systemen, also nach den pseudohexagonalen Symmetrieverhältnissen der Glimmer, und zwar liegen sie dann fast stets parallell den Strahlen der Druckfiguren desselben. — Aehnlich, aber seltener erscheint der Rutil secundär in den Hornblenden mancher Diorite, z. B. der Umgebung von Barr in den Vogesen. Als Neubildung in zersetztem Gneiss fand ihn A. Stelzner***.

In regelloser oder gesetzmässiger Verwachsung findet sich der Rutil, ohne dass genetische oder vielmehr epigenetische Beziehungen mit Sicherheit nachzuweisen wären, mit titanhaltigem Magnetit und Ilmenit, wie dieses A. Cathrein (l. c. und L. J. 1888. II. 151, vergl. auch pg. 252 Magnetit) nachgewiesen hat, und mit Eisenglanz in gewissen finnländischen Glimmerschiefern, welche Hj. Gylling† beschrieb. — Bekannt ist es, dass der Asterismus mancher Muscovite und Phlogopite auf der Einlagerung von Rutilnädelchen in drei, sich unter 60° schneidenden Systemen beruht. Nicht selten ist neben diesem Dreisystem ein zweites gleiches, aber um 30° verwendetes vorhanden, welches dann einen schwächeren Stern bedingt, dessen Strahlen je den Winkel von zwei Strahlen des ersten halbiren.

Die Paramorphose von Rutil nach Brookit von Magnet Cove, Arkansas, welche G. vom Rath beschrieben hatte, wurde von M. Bauer (l. c.) auch mikroskopisch studirt.

Der Rutil erscheint als ein ursprünglicher Gemengtheil sowohl in eruptiven Gesteinen, wie in den Schiefern, doch sind die letzteren seine eigentliche Heimath. G. Hawes†† deutete die in den Granit-

* L. J. 1880. II. 200.

** L. J. 1882. II. 194.

*** L. J. 1884. I. 273.

† L. J. 1882. I. 163.

†† Mineralogy and Lithology of New Hampshire. Concord. 1878. 45.

quarzen viel verbreiteten langen und wegen ihrer winzigen Breite undurchsichtigen haarförmigen Interpositionen als Rutil, ohne allerdings einen strengen Beweis für die Zulässigkeit seiner Annahme zu liefern. M. Maclay-Miklucho* isolirte und mass Rutilkryställchen aus dem Glimmer des topasreichen Greifensteiner Granites, welche von mikroskopischem Cassiterit begleitet wurden. — G. Williams** bestimmte den Rutil als Interposition im Glimmer eines porphyrischen Dioritgesteins aus dem Gneiss der Gegend von Triberg. — K. A. Lossen (l. c.) entdeckte denselben in eigenthümlichen concretionären Mineralgemengen, welche als Einschlüsse im Kersantit von Michaelstein am Harz auftreten, als primären Gemengtheil. Doch dürften diese Einschlüsse aus dem Schiefergebirge stammen.

In Körnern und Krystallen ist der Rutil sehr allgemein in den Gneissen und Glimmerschiefern, sowie ihren Einlagerungen, zumal den amphibol- und augitreichen Gesteinen verbreitet; so ziemlich alle Forscher, welche derartige Gesteine beschreiben, erwähnen den Rutil unter seinem eigenen Namen oder unter der Bezeichnung Zirkon. Chemisch erwiesen wurde er darin von Sauer und Cossa***, eingehend u. A. beschrieben von v. Lasaulx†.

Ebenso ist der Rutil in der Phyllitformation überaus reichlich verbreitet und wurde auch hier von Sauer im Erzgebirge, von van Werveke†† in den Ardennen krystallographisch beschrieben und chemisch erwiesen. Die herzförmigen Zwillinge in den Wetzschiefern waren von Renard†††, der sie sehr genau studirte und abbildete, für Chrysoberyll gehalten. Aus Quarzphylliten von Innsbruck wurden sie von Pichler und Blaas beschrieben*†. Gerade in den phyllitischen Schiefern pflegen die Sagenitgewebe in vorzüglicher Schönheit ausgebildet zu sein.

Im Jahre 1871 machte F. Zirkel**† auf äusserst winzige mikrolithische Nädelchen in den Thon- und Dachschiefern aufmerksam, welche er nicht unpassend mit kurzen Abschnitten brauner

* L. J. 1885. II. 89.

** L. J. B.-B. II. 1883. 617.

*** L. J. 1880. I. 162.

† Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. in Bonn. 3. December 1883.

†† L. J. 1880. II. 281. cf. auch L. J. 1884. II. 225.

††† Mém. sur la structure et la composition minéralogique du coticule etc. Bruxelles. 1877.

*† T. M. P. M. 1882. IV. 513.

**† Pogg. Ann. 1871. CXLIV. 319.

Haare verglich, und alle späteren Untersuchungen ergaben die weite Verbreitung dieser Gebilde, die man Thonschiefernädelchen nannte, in diesen Gesteinen. Sie wurden von ZIRKEL u. A. für Augit oder Hornblende gehalten, ohne dass diese Vermuthung durch chemische oder andere Nachweise gestützt worden wäre. Den ersten Anlauf zu ihrer exacten Bestimmung machte E. KALKOWSKY*, welcher auf Grund einer an minimalem Material angestellten Analyse sie für Staurolith hielt. Trotzdem diese Deutung durchaus irrig ist, bleibt ihm das Verdienst, als der Erste die Isolation dieser unendlich winzigen Gebilde durchgeführt zu haben. Unter wesentlicher Benutzung seiner Isolationsmethode durch Flusssäure gelang alsdann A. CATHREIN der Nachweis, dass die Thonschiefernädelchen Rutil seien. Zu gleichem Resultat kam SAUER u. A. bei der Untersuchung analoger Vorkommnisse. Von dem Aussehen dieser Thonschiefernädelchen-Rutile giebt Taf. XIV Fig. 4 eine Vorstellung. — Notizen über die Verbreitung des Rutils giebt eine schätzenswerthe Arbeit von H. THÜRACH**.

In allen Gesteinen zeichnet sich der Rutil durch mehr oder weniger vollkommenen Mangel an Interpositionen aus.

Die künstliche Darstellung des Rutils ist von verschiedenen Forschern mit Erfolg unternommen worden. Für die Erklärung der natürlichen Vorkommnisse dürften folgende Versuche besonders von Bedeutung sein. A. DAUBRÉE*** erhielt Rutilkrystalle, als er durch Kohlensäure verdünnte Dämpfe von Wasser und Titanchlorid in einer rothglühenden Röhre aufeinander wirken liess; SENARMONT†, indem er amorphe Titansäure in einer gesättigten Kohlensäurelösung im geschlossenen Rohr bei 200° C. erhitzte. — H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE und CARON†† schmolzen in einem irdenen Tiegel Titansäure, Zinnoxydul und etwas Quarzpulver, durch dessen Einwirkung das sich bildende Zinntitanat unter Absatz von Rutilprismen zersetzt wird. Auch als er in rothglühender Porcellanröhre einen langsamen Strom von HCl oder HFl über amorphe Titansäure hinstreichen liess, entstanden Rutilkrystalle. — HAUTEFEUILLE††† liess einen Strom von Salzsäuredämpfen und Luft über

* L. J. 1879. 382.

** Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanmineralien in den Gesteinen. Würzburg. 1884.

*** C. R. 1849. XXIV. 227.

† Ann. Phys. et Chim. 1851. XXXII. 129.

†† C. R. 1858. XLVI. 764 u. 1861. LIII. 161.

††† C. R. 1864. LVII. 148 u. 1865. LIX. 188.

ein Gemenge von Natriumtitanat und Chlorkalium hinstreichen und erhielt gleichfalls messbare Rutilkrystalle; auch bei verschiedener Modification der Deville'schen Versuche und bei Anwendung anderer Schmelzmittel erhielt er den Rutil in nadelförmigen und tafelförmigen Kryställchen und in Sagenitform. — Derselbe Forscher* stellte den Rutil durch Auflösung von amorpher Titansäure in geschmolzenem Natriumwolframiat oder Vanadinat, in Chlorcalcium oder in sauren Silikaten dar.

Anatas.

Literatur.

J. S. Diller, Anatas als Umwandlungsproduct von Titanit im Biotitamphibolgranit der Troas. L. J. 1883. I. 187—193.

A. Stelzner, Studien über Freiberger Gneisse und ihre Verwitterungsproducte. L. J. 1884. I. 271—274.

H. Thürach, Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanmineralien in den Gesteinen. Würzburg. 1884.

Der Anatas tritt nur in Krystallen, niemals derbe auf, und hat vorherrschend pyramidalen, seltener tafelförmigen, niemals prismatischen Habitus. Von den pyramidalen Formen, die makroskopisch bekannt sind, findet sich eine nicht unbedeutende Anzahl auch an den mikroskopischen Krystallen; doch herrscht P (111) entschieden und bedingt den Habitus der Kryställchen. $111 : 11\bar{1} = 136° 36'$. Seltener erscheint eine noch nicht sicher bestimmte Pyramide $\frac{1}{m}P\infty$ (hol) oder die Basis typenbedingend. An mikroskopischen Kryställchen des Anatas von Nil-St.-Vincent in den Ardennen wurde eine stumpfe Pyramide erster Ordnung oft allein, oder in Combination mit P (111) beobachtet, welche mit der am Anatas bekannten Form $\frac{5}{11}P$ (5 . 5 . 11) zu identificiren sein dürfte**.

* C. R. 1880. XC. 868 und Ann. scient. de l'Ecole Norm. supér. 1878.

** Die Mittel aus zahlreichen gut übereinstimmenden Messungen an 10 Kryställchen sind:

	gemessen	gerechnet
$5.5.11 : 5.\bar{5}.11$	115° 34′	115 43′
$5.5.11 : 5.5.\bar{1}\bar{1}$	98° 0′	97° 36′
$5.5.11 : 111$	160° 45′	160° 30′
$111 : 11\bar{1}$	136° 33′	136° 36′

Wie man aus dem letzten Winkel sieht, wurde das Axenverhältniss a : c = 1 : 1.7771 der Rechnung zu Grunde gelegt. Noch näher würde allerdings den beobachteten Winkeln die Formel $\frac{23}{50}P$ (23 . 23 . 50) entsprechen. — An einem andern Krystall desselben Fundortes wurde die Combination P (111) . $\frac{1}{7}P$ (117) . $P\infty$ (101) . $\frac{1}{7}P\infty$ (107) beobachtet.

— Die Grundpyramide ist wohl stets nach der Kante P : oP (111) : (001) gestreift. — Bei den winzigen Dimensionen der Kryställchen sieht man sie mikroskopisch meist als Körper; ihre Umrisse in Durchschnitten sind quadratisch nach oP, spitzrhombisch bei einem Schnitt parallel c.

Die Spaltung nach P (111) und oP (001) drückt sich in scharfen und bei den Durchschnitten sofort auffallenden Rissen aus; sie ist natürlich nicht sichtbar, wo man die Kryställchen als Körper sieht.

Schrauf* bestimmte	$\omega_B = 2.511$ und 2.515	$\varepsilon_B = 2.476$ und 2.477
	$\omega_D = 2.534$	$\varepsilon_D = 2.496$ und 2.497
Miller fand	$\omega = 2.554$	$\varepsilon = 2.493$
Wülfing mass	$\omega_{li} = 2.5183$	$\varepsilon_{li} = 2.4523$
	$\omega_{na} = 2.5618$	$\varepsilon_{na} = 2.4886$
	$\omega_{tl} = 2.6066$	$\varepsilon_{tl} = 2.5262$

mit einem möglichen Fehler von $\pm$ 0.0003 an einem Prisma des gelben Anatas vom Binnenthal. Daraus für Na-Licht $\frac{2\omega + \varepsilon}{3} = 2.5374$. $\omega - \varepsilon = 0.0732$.

Unter den gesteinsbildenden und einaxigen Mineralien hat also nur der Rutil einen höheren Brechungsexponenten; die Grösse der Doppelbrechung ist beim Anatas allerdings geringer, als bei Dolomit und Calcit, aber noch etwas grösser, oder doch ebenso gross, wie bei Zirkon. Die Krystallformen sind daher wegen der starken randlichen Totalreflexion selten gut zu erkennen, das Relief ein starkes und die Interferenzfarben selbst bei sehr geringer Dicke II. und III. Ordnung. Sowie die Kryställchen etwas dicker werden, hat man die dem Weiss sich nähernden Farben IV. und V. Ordnung. Bei basaler Lage erhält man im convergenten Licht ein Interferenzkreuz mit mehreren Ringen. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. — Der Pleochroismus pflegt nicht bedeutend zu sein und wechselt stark mit der Farbe; bei blauen Krystallen ist die Farbe für E tiefblau, für O hellblau, bei gelben für E hellgelb, für O orange nach von Lasaulx**. — Optische Anomalien, wie sie sich gelegentlich in einem Zerfall des Interferenzkreuzes bei einer Drehung zwischen gekreuzten Nicols in Hyperbeln kundgeben, haben Mallard veranlasst, auch den Anatas, ebenso wie den Rutil für mimetisch zu halten. — Das Interferenzkreuz der blauen Krystalle ist nicht schwarz, sondern anscheinend blau.

* S. W. A. XLII. 1860.

** Z. X. 1884. VIII. 74.

Der Anatas zeigt im auffallenden Lichte einen diamantartigen, fast metallischen Glanz; im durchfallenden Lichte ist er bald nahezu farblos, bald gelb in verschiedener Intensität bis braun, bald blau in verschiedenen Nüancen, selten grünlich. Die Farbe wechselt oft an demselben Krystall, entweder parallel den Spaltrissen nach P (111) in concentrischen Bändern, oder nach den Diagonalen dieser Spaltbarkeit. Die farblosen oder gelblichen Stellen verhalten sich zumeist optisch normal, während die blauen Stellen anscheinend öfter Oeffnung des Kreuzes in Hyperbeln zeigen.

Sp. G. = 3.9. Chemische Zusammensetzung = TiO_2. Chemisches Verhalten wie bei Rutil, von welchem ihn die Formen, die Spaltung und der optische Charakter leicht unterscheiden. — Interpositionen pflegt der Anatas nicht zu führen.

Der Anatas ist bis dahin nicht mit voller Sicherheit als ursprünglicher Gemengtheil von Gesteinen beobachtet worden. Er scheint allenthalben als ein Umwandlungsproduct von titanhaltigen Mineralien betrachtet werden zu müssen. So fand ihn Diller als ein wahrscheinliches Umwandlungsproduct von Titanit im Amphibolbiotitgranit der Troas und des Ilmenit im Schalstein von Redwitz bei Hof; Stelzner im zersetzten Gneiss von Freiberg, wohl auf den Titangehalt des dunklen Glimmers zurückzuführen; Spezia* im Gneiss des Ossolathales; Schenk** im Diabas von Bochtenbeck im oberen Ruhrthal, Laspeyres*** im Quarzporphyr von Halle; Thürach in verschiedenen Graniten, Dioriten und krystallinen Schiefern, sowie in zahlreichen Grauwacken, Sandsteinen, Schieferthonen und Kalken aller Formationen vom Silur bis zum Tertiär, sowie in ihrem Detritus. Der Verf. und A. Sauer bestimmten ihn neben Brookit als reichlichen Gemengtheil in einem greisenartigen Granit der Gegend von Gengenbach im Schwarzwald. Recht gemein ist er in den chloritischen Umwandlungsproducten der Diabasaugite und verwandter Pyroxene; ebenso begegnet man ihm häufig in den Spilositen und Adinolen der Diabascontacthöfe und in den Sericitporphyroiden des Harzes und anderer Gegenden. — v. Lasaulx (l. c.) beobachtete den Anatas in solcher Verbindung mit Rutil von Vannes im Morbihan, dass die Entstehung des ersten aus letzterem nicht unmöglich scheint. Sonst kennt man mit Sicherheit umgekehrt den Rutil paramorph nach Anatas aus den Diamantsanden von

* Atti della R. Accad. di Torino. 1882. XVIII.

** Ad. Schenk, Die Diabase des oberen Ruhrthales. Bonn. 1884. 25.

*** Z. D. G. G. 1864. XVI. 454.

Brasilien und dem Ural, welche beide Vorkommnisse neuerdings von Max Bauer (L. J. 1891. I. 232 sqq.) auch mikroskopisch beschrieben wurden. Auf den Spaltrissen der blauen brasilianischen Anatase findet man bisweilen neugebildetes Titaneisen ähnlich, wie bei Rutil (S. 345) beschrieben wurde.

Gut messbare künstliche Krystalle von Anatas erhielt Hautefeuille* durch die Wechselwirkung von Wasserdämpfen und Titanfluorid bei einer Temperatur, welche den Siedepunkt des Cadmium nicht überstieg. — Bekannt ist die zuerst von G. Rose beobachtete Bildung von Anatas in den Borax- und Phosphorsalzperlen, in denen vor dem Löthrohr Titansäure gelöst wurde.

Cassiterit.

Der Cassiterit bildet kurz oder lang säulenförmige, selten pyramidale Kryställchen und Zwillinge, oder aber, es fehlt ihm eine krystallographische Begrenzung. $111 : 11\bar{1} = 87°\,7'$. Beobachtet wurden neben dem Prisma und der nächst stumpferen Grundpyramide spitzere Pyramiden der ersten Ordnung und biquadratische spitze Pyramiden. Die Zwillingsbildung nach $P\infty$ (101)** ist nicht eine so durchgreifende, wie bei dem Rutil, mit dem die Durchschnitte und ihre Winkel sonst nahe übereinstimmen. — Gelegentlich erscheint er in radialstrahligen Aggregaten; die einzelnen Individuen sind dann stets langsäulenförmig.

Die Spaltung nach $\infty P\infty$ (100) ist an den mikroskopischen Individuen, sowie an den Durchschnitten nicht oder höchstens in Spuren wahrnehmbar und das ist eines der wichtigsten Unterscheidungsmittel vom Rutil.

Optisch positiv. Durchschnitts-Brechungsexponent 2.019. Doppelbrechung 0.107, daher die farbige Polarisation nur in sehr dünnen Lamellen erkennbar. Es wurde bestimmt am Cassiterit von Schlaggenwalde (Grubenmann):

für den rothen Theil im Spectrum	$\omega = 1.9793$	$\varepsilon = 2.0799$
„ „ gelben „ „ „	$\omega = 1.9966$	$\varepsilon = 2.0934$
„ „ grünen „ „ „	$\omega = 2.0115$	$\varepsilon = 2.1083$

Im durchfallenden Lichte gelblich bis braun oder roth in verschiedenen Tönen, selten nahezu farblos, oft in Bändern und Streifen

* C. R. 1864. LXII. 148.

** An künstlichen Cassiteriten aus einer emailartigen Schlacke beobachtete Bourgeois (Bull. Soc. min. Fr. 1888. XI. 58) Zwillinge nach $3P\infty$ (301), herzförmig wie diejenigen des Rutil.

oder in concentrischen Zonen verschiedenfarbig; im auffallenden Lichte fast metallischer Diamantglanz. Bisweilen ist ein schwacher Pleochroismus wahrnehmbar. — Das Interferenzkreuz zerfällt nicht selten bei Drehung der Präparate in Hyperbeln.

Sp. G. = 6.87. Chemische Zusammensetzung = SnO_2. Unangreifbar durch Säuren. — Die Unterscheidung von Rutil liegt in der geringeren Doppelbrechung. Die von Zirkon ist nur durch specifisches Gewicht, Winkelmessung an isolirten Kryställchen oder chemische Reactionen möglich. Die rubinrothe Färbung einer mit Kupfervitriol blau gefärbten Boraxperle ist bei hinreichender Uebung auch noch mit ausserordentlich minimalen Stäubchen auszuführen.

Der Cassiterit hat seine Heimath in den Greisen; er wurde indessen auch als mikroskopischer Gemengtheil und zwar mit Rutil zusammen als Einschluss in dem Lithionglimmer des Greifensteiner Granits von M. Maclay-Miklucho* zweifellos mikroskopisch nachgewiesen. Er scheint in Gneissen und in Graniten, zumal Cornwallisischen, und in den Contacthöfen der Schiefer in unmittelbarer Umgebung der Granite stellenweise reichlich enthalten zu sein. Zum zweifellosen Nachweis bedarf es jedoch noch der Isolation der Kryställchen aus diesen Gesteinen. In manchen cornwallisischen Graniten trifft man radialstrahlige Aggregate, welche an die Turmalinsphärolithe der Luxulliane erinnern; die Nadeln sind jedoch optisch positiv und haben weit höheren Brechungsexponenten, als Turmalin. Sie dürften dem Cassiterit angehören.

Sehr interessant ist der von A. Stelzner und A. Schertel (Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenwesen im Königr. Sachsen auf das Jahr 1886) nachgewiesene Gehalt der Freiberger Zinkblenden an mikroskopischen Einschlüssen von Cassiterit- und Quarzmikrolithen.

Die Vorkommnisse in der Natur, die zufällige Gewinnung bei Hüttenprocessen und die künstliche Darstellung des Cassiterit durch Daubrée** und H. Sainte-Claire Deville*** weisen gleichmässig auf Sublimationsprocesse als die genetischen Bedingungen für die Bildung dieses Minerals. Die von den genannten Autoren angewandten Methoden sind dieselben, welche zur Nachbildung des Rutil führten, oder analoge.

---

* L. J. 1885. II. 88.

** C. R. 1849. XXIX. 227.

*** C. R. 1858. XLVI. 764 u. 1861. LIII. 161.

Zirkon.

Literatur.

K. von Chrustschoff, Beitrag zur Kenntniss der Zirkone in Gesteinen. T. M. P. M. 1886. VII. 423—442.

H. Rosenbusch, Sulla presenza dello zircone nelle roccie. Atti della R. Accad. delle Sc. Torino. XVI. 1881.

A. E. Törnebohm, Om Zirkonens utbredning in bergarterne. Geol. För. i Stockholm Förhandl. 1876. III. No. 34.

Th. von Ungern-Sternberg, Untersuchungen über den finnländischen Rapakiwi-Granit. Inaug.-Diss. Leipzig. 1882.

Der Zirkon tritt in den Gesteinen als primärer Gemengtheil nur in Krystallform, niemals derbe auf; selbst im Gesteinsschutt und in regenerirten Gesteinen pflegt er nur wenig abgerollt zu sein. $111 : 11\bar{1} = 84^{\circ}\,20'$. Der Habitus der mikroskopischen Krystalle ist fast stets kurz, selten lang prismatisch, nur äusserst selten pyramidal und die Formen dieselben, wie an den makroskopischen Krystallen. Zu betonen ist es vielleicht, dass bei den mikroskopischen Krystallen die Pyramide 3P3 (311) sehr oft als herrschende Form an den Polen der Hauptaxe erscheint und dass nicht selten auch andere biquadratische Pyramiden auftreten. Fig. 125 zeigt einige der selteneren Formen, Taf. XIV Fig. 5 die am häufigsten vorkommenden. Die Gestalt der Durchschnitte ergiebt sich aus der Betrachtung der Krystallformen. Charakteristisch ist es, dass die Krystalle nur äusserst selten unter 0.01 mm Länge der Hauptaxe herabsinken. — Zwillinge nach $P\infty(101)$ sind bisher kaum sicher nachgewiesen, jedenfalls sehr selten.

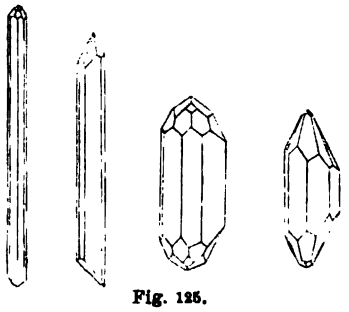


Fig. 125.

Die unvollkommene Spaltbarkeit nach Prisma und Pyramide ist mikroskopisch auch an den Krystallen nicht, an den Durchschnitten sehr selten und spurenweise wahrnehmbar; dagegen ist bei basischen Schnitten grosser Individuen die Spaltung nach ∞P (110) sehr deutlich und auch eine solche nach $\infty P\infty$ (100) in Spuren erkennbar. Man muss sich hüten, einen bei diesem Mineral auffallend häufigen schaligen Bau mit der Spaltbarkeit zu verwechseln.

Das Brechungsvermögen des Zirkon und die Doppelbrechung sind stark; der Charakter derselben positiv. Am ceylonesischen Hyacinth wurde bestimmt: $\omega = 1.960$, $\varepsilon = 2.015$ (Brewster), $\omega_\varrho = 1.92$, $\varepsilon_\varrho = 1.97$ (Senarmont), $\omega_{na} = 1.9239$.

$\varepsilon_{na} = 1.9682$ (Sanger) und am Zirkon von Miask $\omega_{na} = 1.9313$, $\varepsilon_{na} = 1.9931$ (Sanger). — Aus diesen Zahlen erklärt sich das hohe Relief, die breiten Totalreflexionsränder, die runzelige Oberfläche der Durchschnitte, die lebhaften rothen und grünen Interferenzfarben bei gekreuzten Nicols, welche auch die kleinsten Individuen zeigen. Schnitte nach oP (001) geben im convergenten Lichte mehrere Ringe um das dunkle Kreuz. Auch der Zirkon zeigt hie und da einen Zerfall des Interferenzkreuzes in Hyperbeln, besonders dann, wenn die schalige Structur recht stark ausgebildet ist, auch wohl durch Farbenverschiedenheiten noch mehr hervorgehoben wird. E. Mallard stellt den Zirkon auf Grund dieser Phänomene, welche im parallelen Lichte sich zu einer streifenförmigen und unregelmässigen Feldertheilung der Basalschnitte steigern können, gleichfalls zu den mimetischen Gebilden und hält denselben für eigentlich monoklin.

Der bei makroskopischen Krystallen oft sehr deutliche Pleochroismus ist bei den mikroskopischen Vorkommnissen sehr schwach, noch öfter gar nicht wahrnehmbar. Haidinger beobachtete bei bräunlichperlgrauen Krystallen von Ceylon: O nelkenbraun, E spargelgrün, bei blassnelkenbraunen ebendaher O grauviolblau, E grauolivengrün, bei gelblichweissen des gleichen Fundorts O blassblau, E blassgelb.

Die mikroskopischen Zirkone sind meistens farblos oder sehr lichtgelblich und hellrosa, sehr selten röthlich bis bräunlich durch Ueberzüge von Limonit, die man mit Salzsäure entfernen kann, oder ganz hellviolett. Wo eine Färbung vorhanden ist, da pflegt sie nicht gerade gleichmässig vertheilt zu sein, sondern in den Umrissen parallelen Bändern, auch wohl nach Kern und Schale, oder nach dem Axenkreuz so zu wechseln, dass im letzteren Falle die dem Axenkreuz nahen Theile anders gefärbt scheinen, als die Oktanten.

Sehr verbreitet ist der schon erwähnte schalige Bau; derselbe wiederholt die äussere Umgrenzung besonders dann gern, wenn diese von ∞P . P . (110) (111) gebildet wird. Selten deutet der zonare Bau auf andere Formen, als die am Krystall zur Entwicklung gelangten; dagegen ist es nicht selten, dass die Anwachsstreifen, soweit sie den Prismen folgen, durchaus geradlinig, an den Krystallpolen dagegen stark gerundet erscheinen. Angaben über die Ausbildung der Fläche oP (001) in dem Schalenbau oder am Krystall bedürfen wohl noch der Bestätigung.

Einschlüsse sind im Zirkon nicht eben selten, aber wegen der hohen Brechungsexponenten des Wirthes schwer zu bestimmen. Von nicht individualisirten Interpositionen sind Fluida mit Sicherheit wegen der Beweglichkeit der darin enthaltenen Libelle zu erkennen; bei Einschlüssen ohne Libelle, die stets sehr schwarz umrandet sind, und nicht selten sehr bedeutende Dimensionen und vielfach geschweifte oder zackige Umrisse zeigen, oder auch die Formen ihres Wirthes wiedergeben, ist es schwer zu entscheiden, ob sie zu den Gas- oder Glaseinschlüssen zu rechnen seien. Apatite und unbestimmbare nadelförmige Mikrolithe treten gleichfalls auf.

H. = 7.5. — Sp. G. 4.4—4.7. — Chemische Zusammensetzung $ZrSiO_4$. Von Säuren wird der Zirkon nicht in merklicher Weise angegriffen; unter Benutzung des Eigengewichts, der chemischen Unangreifbarkeit und der Indifferenz gegen magnetische Attraction ist die Isolation des Zirkon aus den Gesteinen leicht. Die Kryställchen erlauben dann auch noch bei sehr winzigen Dimensionen eine goniometrische Behandlung. Für den sicheren Nachweis empfiehlt es sich, eine kleine Probe mit Natriumbicarbonat im Verhältniss 1 : 4 bis 1 : 10 im Platintiegelchen zu schmelzen, um die hexagonalen Täfelchen von ZrO_2 (S. 269) zu erhalten.

Der Zirkon findet sich in den sauren älteren Eruptivgesteinen der Granitreihe, Syenite, Diorite und Gabbro, sowie ihrer porphyrischen Aequivalente in constanter Verbreitung und oft sehr reichlich; weniger reichlich, aber auch ziemlich constant ist er in den basischeren Eruptivgesteinen der Diabasfamilie und in allen jüngeren Eruptivgesteinen verbreitet. Ebenso ist er in der Formation der krystallinen Schiefer, zumal der Gneisse, ein constanter und oft reichlicher Gemengtheil. Derselbe wurde früher sehr allgemein mit Rutil verwechselt und noch heute wird in petrographischen Hülfsbüchern die Rutilliteratur wohl auch unter Zirkon citirt. Mit Sicherheit erkannt (wie die Abbildungen zeigen) wurde der Zirkon von G. Hawes* in Graniten; die weite Verbreitung und die petrographische Bedeutung des Zirkon zuerst richtig erfasst und ausgesprochen zu haben, ist ein Verdienst von A. E. Törnebohm. In reinem Zustande aus den Gesteinen isolirt, durch qualitative Reactionen und Winkelmessung bestimmt wurde er von Th. von Ungern-Sternberg und dem Verfasser im Rapakiwi Finnlands, quantitativ

* Mineralogy and Lithology of New Hampshire. Concord. 1878. 75.

analysirt von A. Renard* und v. Chrustschoff. Mit der Verbreitung des Zirkon in den verschiedensten Eruptiv- und Schichtgesteinen auf primärer und secundärer Lagerstätte beschäftigt sich die Arbeit von H. Thürach**. In den Sanden beschrieben ihn A. Michel-Lévy*** und Uzielli†. Besonders reichlich trifft man ihn in den von Graniten oder aus dem Grundgebirge stammenden Sanden. Ebenso wie hier ist er wohl ein allothigener Gemengtheil in den fossilführenden Gesteinen, wo er in Kalken, Schiefern, Mergeln, Sandsteinen u. s. w. sehr allgemein, aber auch im Ganzen sehr spärlich vorkommt.

Leicht zu verwechseln ist der Zirkon mit Cassiterit und mit Xenotim; die Bestimmung ist durch chemische Reaction an isolirtem Material zu suchen.

Die grosse Verbreitung des Zirkon in den Silikatgesteinen, in deren schiefrigem Repräsentanten er mit Rutil zusammen auftritt, ist aus der Literatur nicht mit Sicherheit zu ersehen, weil die weitaus meisten Angaben über das Vorhandensein von Zirkon auf Rutil bezogen werden müssen. Es ist daher von einem Verweis auf die frühere Literatur hier Abstand genommen worden.

Allenthalben, wo der Zirkon als primärer oder authigener Gemengtheil in den Gesteinen vorkommt, gehört er zu den allerältesten Bildungen derselben; daher sein strenger Idiomorphismus und sein Auftreten als Interposition in den übrigen mit ihm associrten Gemengtheilen. Zweifelsohne ist er älter als alle Silikate, dagegen umschliesst er Apatitmikrolithe und nicht mit voller Sicherheit ist sein Alter gegenüber den Erzen festzustellen. Um ihn herum treten gern in den Glimmern, Pyroxenen, Amphibolen, Cordieriten u. s. w. die S. 209 besprochenen pleochroitischen Höfe auf††.

H. Sainte-Claire Deville und Caron††† erhielten Zirkon in

---

* Notice sur le Zircon des carrières de Nil-St-Vincent. Bull. Acad. Roy. Belgique. (3.) III. No. 2. 1882.

** Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanmineralien in den Gesteinen. Würzburg. 1884.

*** A. Michel-Lévy, Note sur quelques minéraux contenus dans les sables du Mesvrin, près Autun. Bull. Soc. min. Fr. 1878. I. 39.

† G. Uzielli, Sopra lo Zircone della costa Tirrena. Atti R. Accad. Lincei. (2.) III. 1876.

†† A. Michel-Lévy, Sur les noyaux à polychroïsme intense du Mica noir. C. R. 1882. XCIV. — Hj. Gylling, Några ord om Rutil och Zirkon etc. Geol. Fören. i Stockholm Förhdl. 1882. VI. No. 74. 162 sqq.

††† C. R. 1851. XXXII. 625; 1858. XLVI. 764 u. 1861. LII. 760.

messbaren Krystallen, als sie bei Rothgluth Fluorsilicium auf Zirkonerde, oder Fluorzirkonium auf Kieselerde einwirken liessen.

Der Azorit Tschermacher's aus den Sanidiniten von San Miguel ist nach den Messungen und der Analyse von A. Osann (Ueber Azorit und Pyrrhit. L. J. 1887. I. 115; Ueber Sanidinite von San Miguel. L. J. 1888. I. 126), sowie nach den Beobachtungen von L. Hubbard (Ueber Azor-Pyrrhit und Zirkon vom Laacher See, sowie Pyrrhit und Azorit von San Miguel. Sitzungsber. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilk. 7. Juni 1886) ein meist pyramidaler, seltener kurz prismatischer Zirkon. Beobachtet wurden neben P (111) und ∞P (110) auch 3P (331) und ∞P∞ (100). Die Farbe ist wasserhell, weiss, schwach grünlich. Grösse und Charakter der Doppelbrechung ist wie bei Zirkon. — Eug. Pacheco do Canto e Castro (Bull. Soc. min. Fr. 1887. X. 308) beschreibt als Azorit ein zirkonähnliches Mineral von bräunlichrother Farbe mit starkem Pleochroismus, Absorption O > E und stärkerer Doppelbrechung als Zirkon, welches man eher für Xenotim halten möchte.

Xenotim.

Der Xenotim bildet durchaus zirkonähnliche Kryställchen von meistens pyramidalem, selten prismatischem Habitus. Die gewöhnliche Combination ist P (111) mit schmalem ∞P (110), seltener auch mit 3P3 (311), 3P (331) oder P∞ (101). $111 : 11\bar{1} = 81^{\circ}\,2'$ (Brögger*) bis $82^{\circ}\,22'$. In Gängen des Langesundgebiets fand Brögger** ausnahmsweise die Form ∞P (110) . oP (001). Zwillinge nach (101) werden angegeben von Brögger. Die Formen sind bei normaler Entwicklung ganz zirkonähnlich.

Spaltbarkeit gut nach dem Grundprisma. — H. = 4.5, bestimmend gegenüber Zirkon. — Sp. G. = 4.45—4.56. — Die Zusammensetzung ist YPO_4, wobei neben Yttrium auch Cermetalle vorkommen. — In concentrirten, kochenden Säuren unlöslich, aber klare Lösung gebend nach Zusatz von Wasser (Rammelsberg).

Die Farbe ist braun in verschiedenen Tönen bis farblos. — Pleochroismus kaum wahrnehmbar. Der Brechungsexponent hoch, wie bei Zirkon, die Doppelbrechung positiv und stärker, als bei Zirkon, mit welchem Parallelverwachsungen vorkommen. — Glanz fettig.

* W. C. Brögger, Uranpecherz und Xenotim von norwegischen Vorkommen. G. F. i St. Förhdl. 1883. VI. 744.

** Z. X. 1890. XVI. 68.

Der Xenotim kommt auf Pegmatitgängen der Granite, zumal Norwegens, oft in grossen Krystallen und bedeutenden Mengen vor. Seine weite Verbreitung in gangförmigen Muscovitgraniten Brasiliens wies O. A. Derby* nach. Die Kryställchen haben hier durchschnittlich eine Grösse von 0.25 mm und erreichen nur ausnahmsweise 1 mm. Die constanten Begleiter des Xenotim sind Zirkon und Monazit. O. A. Derby betont den Kalireichthum der Xenotim-führenden Granite oder vielmehr ihren Muscovitgehalt.

Skapolithgruppe.

Literatur.

Fr. Becke, Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. T. M. P. M. 1882. IV. 369 et passim.

V. Goldschmidt, Ueber Verwendbarkeit einer Kaliumquecksilberjodid-Lösung bei mineralogischen und petrographischen Untersuchungen. L. J. B.-B. I. p. 225 ff. 1880.

A. Michel-Lévy, Sur une roche à sphène, amphibole et wernérite granulitique des mines d'apatite de Bamle, près Brevig (Norvège). Bull. Soc. min. Fr. 1878. I. 43—46.

Hj. Sjögren, Om de norska apatitförekomsterna och sannolikheten att anträffa apatit i Sverige. Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1882. VI. No. 81. 469 ff.

A. E. Törnebohm, Ett par skapolitförande bergarter. Geol. Fören. i Stockholm Förhdl. 1882. VI. No. 75. 193 ff.

G. Tschermak, Die Skapolithreihe. S. W. A. LXXXVIII. Nov. 1883.

Die gesteinsbildenden Skapolithmineralien zeigen im Allgemeinen keine äussere Krystallform, sondern sie bilden unregelmässig begrenzte Körner oder stenglige Aggregate von meistens verworrener Anordnung. Eine Ausnahme machen nur die in Kalken eingebetteten Vorkommnisse, an denen die Begrenzung durch ∞P (110), ∞P∞ (100), selten ∞P2 (210) oder ∞P3 (310) in der Prismenzone ziemlich regelmässig, die pyramidale Endigung durch P (111) weit seltener erkannt werden kann. $111 : 11\bar{1} = 63° 42'$. Die Durchschnitte sind demgemäss unregelmässig bei den Aggregaten, quadratisch oder oktogonal bei den Querschnitten, rectangulär oder lang leistenförmig bei den Längsschnitten.

Die Spaltbarkeit nach ∞P∞ (100) giebt sich durch gut sichtbare parallele Risse in Längsschnitten, durch rechtwinklig gekreuzte in den Querschnitten zu erkennen (Taf. IX Fig. 1); sie ist im Allgemeinen deutlicher in den nicht mehr ganz frischen Vorkommnissen. Eine Querabsonderung, wodurch die Säulchen in einzelne Glieder

* O. A. Derby, On the occurrence of Xenotime as an accessory element in rocks. Amer. Journ. 1891. XLI. 308.

zerfallen, ist bei den langstengligen Individuen sehr regelmässig vorhanden und spielt bei den Umwandlungsvorgängen in denselben eine wichtige Rolle. — H. = 5.5.

Im frischen Zustande sind die Skapolithmineralien farblos durchsichtig, seltener grau bis bräunlich durch bis dahin unbestimmbare nadelförmige Interpositionen. — Alle Skapolithmineralien sind optisch negativ mit nicht hohem Brechungsexponenten, aber starker Doppelbrechung.

Des Cloizeaux bestimmte am vesuvianischen Mejonit $\omega_{na} = 1.594—1.597$, $\varepsilon_{na} = 1.558—1.561$; am Skapolith von Arendal $\omega_{\varrho} = 1.566$, $\varepsilon_{\varrho} = 1.545$; am Dipyr von Pouzac $\omega_{\varrho} = 1.558$, $\varepsilon_{\varrho} = 1.543$; G. Lattermann* am Dipyr von Pouzac (Analyse. L. J. 1881. B.-B. I. 226) $\omega_{na} = 1.5545$, $\varepsilon_{na} = 1.5417$; E. A. Wülfing mass an einem Prisma des etwas trüben Wernerit von Arendal, dessen Kante bis auf $\frac{1}{3}$ Grad genau in der Prismenzone lag, ω für Eosinflüssigkeit = 1.5863, $\omega_{na} = 1.5894$, ε für Eosin = 1,5522, $\varepsilon_{na} = 1.5548$ mit einem Fehler von ± 0.0002; derselbe fand am Mizzonit vom Vesuv an einem Prisma, dessen eine Fläche genau in der Prismenzone lag, während die andere um 36′ daraus abwich,

	Li	Na	Tl
ω =	1.5549—	1.5580—	1.5611
ε =	1.5404—	1.5434—	1.5463

mit einem Fehler von ± 0.0001.

Folgende Tabelle zeigt die Beziehungen der Licht- und Doppelbrechung in der Skapolithreihe zur chemischen Zusammensetzung. Die Zahlen beziehen sich mit Ausnahme der Angaben von Des Cloizeaux für Dipyr und Skapolith auf Na-Licht.

	ω	ε	$\omega-\varepsilon$	
Mejonit, Vesuv. .	1.594	—1.558	—0.036	Des Cloizeaux
Wernerit, Arendal	1.5894	—1.5548	—0.0346	Wülfing
Skapolith, Arendal	1.566	—1.545	—0.021	Des Cloizeaux
Mizzonit, Vesuv .	1.5580	—1.5434	—0.0146	Wülfing
Dipyr, Pouzac . .	1.558	—1.543	—0.015	Des Cloizeaux
Dipyr, Pouzac . .	1.5545	—1.5417	—0.0128	Lattermann.

Der Brechungsexponent und die Doppelbrechung sinken offenbar mit der Abnahme des Ca- und Zunahme des Alkaligehalts. — Die Interferenzfarben in Längsschnitten sind zufolge des grossen

* In den Angaben der 2. Auflage d. B. sind die Zahlen durch einen Rechenfehler nicht ganz richtig gegeben.

Unterschieds $\omega - \varepsilon$ lebhafter als an den meisten farblosen Mineralien, zumal an den Feldspathen und feldspathähnlichen Substanzen, sowie am Quarz; auch in sehr dünnen Schliffen sinken sie kaum unter das Orange oder Gelb I. Ordnung. Die Querschnitte geben im convergenten Licht ein scharfes Kreuz und bei hinreichender Convergenz sieht man deutlich den ersten Ring. Dagegen ist das Relief ein geringes und im Canadabalsam zeigen die Schliffe keine runzelige Oberfläche. Gegen eine Verwechslung mit Feldspath und Cordierit sichert die Einaxigkeit und Spaltbarkeit, vom Quarz unterscheidet den Skapolith die Spaltbarkeit und der Charakter der Doppelbrechung, vom Apatit der Brechungsexponent, die Doppelbrechung, Spaltbarkeit und chemische Reaction auf Phosphorsäure.

Das sp. G. steigt mit dem Kalkgehalt von 2.569 im Marialith bis 2.735 im Mejonit. — Nach den Untersuchungen von Tschermak liegt in der Skapolithgruppe eine continuirliche isomorphe Mischungsreihe zweier Silikate vor, die im reinen Zustande nicht bekannt sind. Das eine derselben, $8\,CaO, 6\,Al_2O_3, 12\,SiO_2 = Ca_4Al_6Si_6O_{25}$ herrscht mit 88 Procent im Mejonit und heisst das Mejonitmolekül = Me. das andere $3\,Na_2O, 3\,Al_2O_3, 18\,SiO_2 + 2\,NaCl = Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$ tritt mit 84 Procent im Marialith auf und heisst das Marialithmolekül = Ma. Die kieselsäureärmeren Mischungen von Me bis Me_2Ma_1 sind durch Säuren vollkommen oder fast vollkommen und ohne Gelatination zersetzbar, die Mischungen von Me_2Ma_1 bis Me_1Ma_2 werden von Säuren nur wenig angegriffen und die noch saureren Mischungen von Me_1Ma_2 bis Me_0Ma_1 widerstehen dem Angriff von Säuren vollkommen.

Die gesteinsbildenden Skapolithmineralien sind noch zu wenig vollständig chemisch untersucht, um sie mit Sicherheit in eine dieser drei Gruppen einreihen zu können, doch scheint es, als wenn besonders die Mischungen von mittlerem und höherem Kieselsäuregehalt verbreitet wären.

Einschlüsse, welche für die Mineralien dieser Familie constant und charakteristisch wären, sind nicht bekannt; man trifft neben den mit ihnen in demselben Gestein associirten Mineralien, zumal mit Epidot, Calcit, Diopsid, Aktinolith, Magnetit, Pyrit, Feldspath in weiter Verbreitung Flüssigkeitseinschlüsse in regellosen Gestalten oder auch in negativer Krystallform. Wo die Skapolithe epigenetisch aus andern Mineralien (Feldspath) hervorgingen, enthalten sie stellenweise die Interpositionen des Mutterminerals.

Den Atmosphärilien und Sickergewässern widerstehen die

Skapolithe nur wenig; sie wandeln sich unter deren Einfluss leicht von der Querabsonderungsfläche und den Spaltdurchgängen aus in faserige, bis dahin nicht sicher bestimmte, wegen ihrer geringen Doppelbrechung dem Zoisit nicht unähnliche Substanzen, oder in lamellare Aggregate von Kaolin oder Muscovit um. Auch die Umwandlung in Carbonate ist ein mehrfach beobachteter Vorgang, welcher wohl zur eigentlichen Verwitterung zu rechnen ist.

Der Mejonit bildet aufgewachsene Krystalle und scheint nicht eigentlich gesteinsbildend vorzukommen. Die älteren Angaben von G. vom Rath*, Wedding** und Vogelsang*** über das Auftreten desselben als Gemengtheil in den Trachyten von Monte di Cuma, vom Arso auf Ischia und von Pianura (Piperno), in den Vesuvlaven und im Quarztrachyt von Campiglia scheinen sich nicht zu bestätigen.

Vorbehaltlich weiterer Trennung sollen hier mit Ausnahme der Dipyre die gesteinsbildenden Mineralien der Skapolithgruppe als Skapolithe schlechthin bezeichnet werden. Dieselben treten nirgends in den Eruptivgesteinen als primäre Gemengtheile auf, entwickeln sich darin aber gelegentlich auf Kosten der Feldspathe. So zeigte Michel-Lévy, dass die von Brögger und Reusch als gefleckter Gabbro (Z. D. G. G. 1875, XXVII. 646) bezeichnete Ausbildungsform des mit dem Apatit von Oedegaarden bei Bamle auftretenden Gabbros wesentlich aus Skapolith und Hornblende bestehe, und Sjögren beschreibt eingehend die Uebergangsformen zwischen dem normalen und dem umgewandelten Gabbro. Dieser Skapolith lässt sich nach den Analysen von Michel-Lévy und Wenghell und dem sp. G. = 2.63 an das saure Ende der Mizzonitreihe stellen. — Ebenso kommt ein Skapolith in ziemlicher Verbreitung in manchen stark epidotisirten und uralitisirten südfranzösischen Ophiten von Saint-Lary, Eup, Garraux und Bézius gleichfalls als ein Umwandlungsproduct des Plagioklas vor und gehört nach Gewicht und chemischen Reactionen ebenfalls an die Grenze der Mizzonit- und Marialithreihe. — Die wahre Heimath der Skapolithe ist jedoch das Gebiet der krystallinen Schiefer, wo sie nicht nur in den Kalkeinlagerungen derselben, sondern auch als Gemengtheile der Gneisse, zumal der kalkreichen, und Epidot- oder Pyroxen-führenden Varie-

* Mineralogisch-geognostische Fragmente aus Italien. Z. D. G. G. XVIII. 608, 626, 633. 1866.

** Z. D. G. G. 1858. X. 382.

*** Philosophie der Geologie. Bonn. 1867. 143 u. Erklärung zu Tafel II.

täten auftreten. Auf solche Vorkommnisse beziehen sich die oben citirten Arbeiten von Becke und Törnebohm. Ersterer bespricht den Skapolith aus calcithaltigen Augitgneissen von Mühlfeld und Weissenkirchen, in denen er auch mit einem salitartigen dunkelgrünen Pyroxen gemengt, eine selbständige Einlagerung zwischen Speckenthal und Grossmotten bildet und in calcitreichen Augitgneissen von Gföhl unfern Krems in Niederösterreich. Die von Törnebohm besprochenen Skapolithe treten in Hornblende- und titanitführendem Epidotgneiss vom Brunsberg Tunnel in Wermland, im hornblendeführenden Gneiss von Gottenvik in Oestergötland und im Augitgneiss vom Südostende des Sees Hemträsket auf Ornö, O. von Dalarö, auf. — Unter den Amphiboliten giebt es eine weitverbreitete, zumal aus Norwegen, aus Canada (durch Adams), aus dem Massailande (durch Mügge), aus Frankreich (durch Lacroix) u. a. O. bekannt gewordene Abtheilung mit constantem und reichlichem Skapolithgehalt. — Aehnliche paragenetische Verhältnisse besitzen auch die Wernerite, der Glaukolith vom Baikalsee, der Ekebergit von Hesselkulla, der Passauit von Obernzell bei Passau und andere Skapolithvarietäten.

Zu den Skapolithen, in welchen das Marialithmolekül das herrschende ist, gehören der Dipyr und der Couzeranit. Beide Mineralien sind wohl als identisch zu betrachten und die Abweichungen der an ihnen angestellten Analysen zum grössten Theil dadurch bedingt, dass von dem letzteren kein reines Material zu beschaffen ist. Mit der Natur und Menge der darin enthaltenen Interpositionen ändern sich dann die Resultate der Analysen. Der Dipyr findet sich in contactmetamorphen Kalken und Schiefern der Pyrenäen, zumal bei Pouzac unfern Bagnères de Bigorre, bei Angoumer unfern Luzénac und Libarens bei Mauléon, wo ihn Gillet de Laumont und Lelièvre entdeckten. In den körnigen Kalken pflegt er in der verticalen Zone stets gut auskrystallisirt zu sein, während er in den Schiefern unregelmässig rundliche und elliptische Durchschnitte zeigt. In den Kalken ist er ziemlich frei von Einschlüssen, wenn man von dem leicht zu entfernenden Calcit absieht, und wird demzufolge wasserhell durchsichtig, so lange er frisch ist. In den Schiefern ist der Dipyr oft vollkommen erfüllt mit kohligen Partikelchen, Muscovitblättchen, Rutilnädelchen und Quarzkörnchen und erscheint dann im auffallenden, sowie bei schwachen Vergrösserungen im durchfallenden Licht gelblich, röthlich, bläulich oder nahezu opak. Diese Interpositionen sind meistens regellos

durch die ganze Masse des Dipyr verbreitet, seltener central angehäuft. — Noch massenhafter treten diese Einschlüsse, welche die Gemengtheile der Muttergesteine sind, in dem Couzeranit auf; zumal die kohligen Substanzen sind darin so reichlich vorhanden, dass derselbe im auffallenden Lichte schwarz, im durchfallenden bei schwacher Vergrösserung violett bis bläulich erscheint. Auch der Couzeranit bildet unregelmässige Körner oder aber quadratische, beziehungsweise oktogonale ($\infty P . \infty P\infty$) Säulen ohne terminale Flächen. Er ist leicht zu verwechseln und auch vielfach verwechselt worden mit Andalusit. Die Beobachtung der Querschnitte im convergenten polarisirten Lichte bewahrt leicht vor Irrthum. Auch die Couzeranit genannten Dipyre (Charpentier stellte die Species nach dem Vorkommen von Saleix auf) sind Contactmineralien in Kalken und Schiefern. Mikroskopische Beschreibungen der Dipyre gaben Zirkel*, Fischer** und v. Lasaulx***.

Die künstliche Darstellung der Skapolithmineralien ist bis heute nicht mit Sicherheit gelungen. Als Fouqué und Michel-Lévy† den aus Gabbro hervorgegangenen Amphibol-Skapolithfels von Bamle schmolzen und aus Schmelzfluss krystallisiren liessen, erhielten sie sehr bezeichnenderweise ein Aggregat von Labrador und Augit. — Bourgeois†† versuchte die künstliche Darstellung des Mejonit aus einem Schmelzfluss von der Zusammensetzung $6\,CaO, 4\,Al_2O_3, 9\,SiO_2$ und erhielt Anorthit. Nach einem Zusatz von Natron krystallisirte derselbe zu einem Aggregat quadratischer Wachsthumsformen, die aber optisch positiv waren. Als er ein reines Labradorglas mit Stückchen von Marmor zusammenschmolz, bildeten sich bei der Abkühlung Anorthitaggregate, neben denen ein optisch negatives quadratisches Mineral zu beobachten war, welches er für Mejonit hält.

Gehlenit.

Der Gehlenit ist bisher nur aus den contactmetamorphen Triaskalken des Monzoni und von Orawitza im Banat bekannt; er bildet fast würfelähnliche Krystalle der Form $\infty P . oP$ (110) (001) oder

---

* Beiträge zur geologischen Kenntniss der Pyrenäen. Z. D. G. G. 1867. XIX. 202 ff.

** Kritische, mikroskop.-mineralog. Studien. I. Fortsetzung. Freiburg i. B. 1871. 52.

*** Beiträge zur Mikromineralogie. L. J. 1872. 848.

† Bull. Soc. min. Fr. 1879. II. 112.

†† C. R. 1882. XCIV. 228 und Bull. Soc. min. Fr. 1882. V. 15.

rundliche und derbe Massen. Die Durchschnitte der Krystalle sind sowohl parallel, wie senkrecht zu c fast quadratisch.

Die Spaltbarkeit nach oP (001) und ∞P (110) wird durch Risse ausgedrückt, denen parallel stets die Auslöschung liegt. H. = 5.5—6.

Im durchfallenden Lichte farblos. Doppelbrechung schwach und negativ. Brechungsexponent von mittlerer Höhe. A. Michel-Lévy und A. Lacroix geben $\omega = 1.663$, $\varepsilon = 1.658$, also $\omega - \varepsilon = 0.005$. — E. A. Wülfing bestimmte vermittelst des Babinet'schen Compensators $(\omega - \varepsilon)_{li} = 0.00635$, $(\omega - \varepsilon)_{na} = 0.00618$, $(\omega - \varepsilon)_{tl} = 0.00621$ mit einem Fehler von 0.0001.

Sp. G. = 2.95—3.0. Chemische Zusammensetzung = $Ca_3 Al_2 Si_2 O_8$, worin ein Theil des Ca durch Mg und Fe, ein kleiner Theil der Al_2O_3 durch Fe_2O_3 vertreten wird. Gelatinirt leicht mit HCl. — Umhüllt gern Calcit; seltener Fassait. Eine Pseudomorphose von Fassait nach Gehlenit beschreibt Al. Cathrein (T. M. P. M. 1887. VIII. 408) von Le Selle im Monzoni-Gebirge und von der Malgola bei Predazzo, eine solche von Grossular nach Gehlenit von dem erstgenannten Fundort (ebenda 412).

Der Gehlenit bildet sich nicht selten in Hochofenschlacken* und wurde künstlich von Bourgeois** durch Krystallisation aus Schmelzfluss dargestellt.

Vesuvian.

Der gesteinsbildende Vesuvian tritt öfter in derben Partien oder stengligen Aggregaten, als in Krystallen auf; rundum ausgebildete Individuen finden sich nur im körnigen Kalk eingewachsen und haben dann in der Prismenzone die Flächen ∞P . ∞P∞ (110) (100); an den Polen der Hauptaxe pflegt oP (001) zu herrschen, P (111) nur untergeordnet vorhanden zu sein. $111 : 11\bar{1} = 74^0\ 27'$.

Die unvollkommene Spaltbarkeit nach den Prismenflächen ist mikroskopisch nur durch einzelne, gewöhnlich bald absetzende Risse angedeutet; in den Querschnitten erkennt man, dass dieselben nur dem einen Prisma, wahrscheinlich ∞P∞ (100) folgen. — H. = 6.5.

Im durchfallenden Licht ist der Vesuvian nahezu farblos, gelblich bis grüngelb, grünlich, rosaroth, sehr selten tiefer rothbraun

* Vergl. die interessanten Mittheilungen von J. H. L. Vogt über Gehlenit-, Melilith- und Åkermanitschlacken in Beiträge zur Kenntniss der Gesetze der Mineralbildung in Schmelzmassen und in den neovulkanischen Ergussgesteinen. Christiania. 1891. p. 96 sqq. Archiv for Mathematik og Naturvid.

** Ann. Chim. et Phys. 1883. (5.) XIX.

*** Explication des phénomènes optiques anomaux etc. Paris. 1887. p. 79.

oder blau (Cyprin); die Farben wechseln oft in concentrischen Schalen oder seltener, zumal nach dem Centrum der Krystalle hin in unregelmässigen Feldern. Der Brechungsexponent ist hoch (an einem Krystall von Ala wurde er gemessen zu $n_{na} = 1.7258$), daher die Oberfläche der Durchschnitte runzelig. Die Doppelbrechung sehr gering bei negativem Charakter, die Differenz $\omega - \varepsilon$ übersteigt wohl kaum je den Werth 0.0015. Des Cloizeaux fand am Idokras von Ala $\omega_{na} = 1.719—1.722$. $\varepsilon_{na} = 1.718—1.720$; Osann $\omega_{na} = 1.7235$. $\varepsilon_{na} = 1.7226$; daher sind die Interferenzfarben sehr niedrig. Die Doppelbrechung wechselt der Stärke nach an ein und demselben Krystall bisweilen in concentrischen Zonen; es treten alsdann in dem Krystall zwischen gekreuzten Nicols in der Hellstellung streifenartig sich folgende Interferenzfarben auf, während derselbe im gewöhnlichen Licht absolut einfarbig ist. Es kommt sogar vor, dass der Charakter der Doppelbrechung in den verschiedenfarbigen Streifen wechselt, so dass neben den herrschenden optisch negativen auch optisch positive Streifen auftreten (Hammrefjeld in Norwegen). Dabei bleibt in den Längsschnitten die Auslöschung für alle Streifen stets parallel der Prismenkante. In den Querschnitten sieht man im Dünnschliff das Interferenzkreuz nur sehr verwaschen, ohne jede Spur von Ringen. In dickeren Platten beobachtet man nicht selten eine deutliche, bisweilen recht complicirte, Feldertheilung im parallelen, Bissectricen-Austritt im convergenten polarisirten Lichte: Mallard hat daher auch den Vesuvian bei den mimetischen Substanzen eingereiht. Die Erscheinungen stehen dem Anschein nach in naher Beziehung zu dem oft erst im polarisirten Lichte erkennbaren Schalenbau, welcher bei diesem Mineral überaus verbreitet ist. — Der Pleochroismus ist im Allgemeinen schwach bis sehr schwach, der ordentliche Strahl farblos oder gelblich, der ausserordentliche röthlich, gelblich oder grünlich. Nach dem Pleochroismus und Brechungsexponenten kann man den Vesuvian sehr leicht mit Pistazit verwechseln; die geringe Doppelbrechung unterscheidet ihn jedoch sicher, auch abgesehen von der Spaltbarkeit, Lage der Elasticitätsaxen und den Phänomenen im convergenten Lichte.

Sp. G. = 3.40—3.47. — Der Vesuvian ist ein Kalkthonerdesilikat von nicht genau bekannter Formel mit einem Gehalt an basisch gebundenem Wasser und bei gewissen Vorkommnissen (Vesuv, Egg, Wilui) nach Jannasch an Fluor. Neben CaO enthält er MgO und MnO, neben Al_2O_3 auch Fe_2O_3 und ausserdem kleine Quantitäten von Alkalien. Säuren greifen ihn nicht an; er schmilzt

leicht unter Schäumen zu grünem oder braunem Glase, welches alsdann unschwer von HCl unter Ausscheidung gelatinöser SiO_2 gelöst wird.

Der Vesuvian tritt vorwiegend, wenn nicht ausschliesslich, in metamorphen Gesteinen auf; in den Kalken und Kalksilikathornfelsen mancher Granitcontacthöfe (Göpfersgrün, Harz, Christiania) ist er sehr verbreitet und wurde hier von Gümbel, Lossen und Brögger* beschrieben. — Als Einsprengling ist er in den körnigen Kalken der krystallinen Schieferformation, sowie als Gemengtheil in den geognostisch hiermit verwandten Einlagerungen von Kalksilikaten ziemlich häufig; in der Gneissformation hat der Vesuvian eine bis heute noch nicht ganz zu übersehende Verbreitung. So beschrieb ihn E. Schumacher** aus dem Kalkdiopsidschiefer von Tschammendorf bei Strehlen in Schlesien, Fr. Becke*** aus einem mit granatführendem Glimmerschiefer wechsellagernden Hornblendegestein vom Klopfberg bei Schiltern in Niederösterreich. — Am häufigsten wird er begleitet von Wollastonit, Diopsid und andern Pyroxenen, Granat, Epidot und Titanit.

Umwandlungserscheinungen sind an dem gesteinsbildenden Vesuvian nicht bekannt. — Derselbe umhüllt gelegentlich die mit ihm vergesellschafteten Substanzen, zumal Calcit und Pyroxene; enthält auch wohl Flüssigkeitseinschlüsse; doch fehlen alle irgendwie charakteristischen Interpositionen und das Mineral ist am häufigsten vollkommen homogen.

Die künstliche Darstellung des Vesuvian ist bisher nicht gelungen. Lässt man geschmolzenen Vesuvian langsam erkalten, so erhält man krystalline Aggregate, in denen Döltер und Hussak† Mejonit, Melilith und Anorthit erkannt zu haben glauben.

Melilith.

Literatur.

Alfr. Stelzner, Ueber Melilith und Melilithbasalte. L. J. B.-B. 1882. II. 369—387. cf. auch L. J. 1882. I. 229.

Ferd. Zirkel, Untersuchungen über die mikroskopische Zusammensetzung und Structur der Basaltgesteine. Bonn. 1870. 77 sqq.

Der gesteinsbildende Melilith erscheint oft in rundum krystallographisch begrenzten Individuen und hat alsdann die Form qua-

* Die silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet und auf Eker. Kristiania. 1882. 350 et passim.

** Z. D. G. G. 1878. XXX. 501.

*** T. M. P. M. 1882. IV. 344.

† L. J. 1884. I. 173.

dratischer, oktogonaler oder rundlicher Tafeln, je nachdem mit der Basis das Prisma ∞P (110) allein, oder mit ∞P∞ (100), beziehungsweise ∞P3 (310) auftritt. Seltener geht dieser dem Humboldtilith entsprechende Habitus in den kurzsäulenförmigen des Melilith über. Wo, wie das in den meisten Fällen geschieht, die Krystallform nicht zu voller Ausbildung gelangte, da fehlt die krystallographische Begrenzung zunächst in der Prismenzone, so dass dünne unregelmässig begrenzte Tafeln entstehen; dann wird auch die Basis uneben. Demnach sind die Durchschnitte des Melilith leistenförmig parallel c, quadratisch, oktogonal oder rundlich senkrecht zu c. — In einzelnen Gesteinen (Capo di Bove) tritt er in ganz unregelmässigen Körnern auf und enthält dann seine Umgrenzung durchaus von den bei seiner Entstehung bereits im Gestein vorhandenen, also älteren Gemengtheilen. Durchkreuzungen von zwei Individuen, wobei die c-Axen derselben wenig schief oder beinahe senkrecht zu einander stehen, sind ziemlich selten; sie weisen auf Zwillingsbildung nach einer Pyramidenfläche P∞ (101)*.

Der Melilith spaltet nach oP (001) wenig vollkommen; dementsprechend werden die zur Basis geneigten leistenförmigen oder unregelmässigen Durchschnitte von wenigen, oft nur von einer Spalte durchsetzt, welcher die Auslöschung parallel geht. Unregelmässige Sprünge verlaufen bisweilen quer zur Längsrichtung der Durchschnitte

Im durchfallenden Lichte ist der Melilith entweder farblos oder gelblich bis bräunlich; auch die nahezu wasserhellen Durchschnitte erweisen sich, wenn man sie mit wirklich wasserhellen Substanzen (Apatit, Nephelin, Leucit) desselben Präparats vergleicht, gewöhnlich matt gelblich angehaucht mit einem Stich ins Grünliche oder Graue. Der Brechungsexponent ist höher, als bei den begleitenden farblosen Silikaten, die Doppelbrechung sehr schwach. Bei sehr dünnen Schliffen verhalten sich auch die Querschnitte fast isotrop und ihre Doppelbrechung wird nur bei Beobachtung in empfindlichen Farben (Gypsplättchen etc.) bemerkbar. Nicht selten sind die Centren der Durchschnitte geradezu isotrop und nur die peripherischen Theile schwach doppelbrechend oder es wechselt die Grösse der Doppelbrechung ein wenig in Schichten parallel zur Basis. Für viele Melilithe, zumal der Leucitite des Capo di Bove

* Dabei ist die Pyramide mit der Randkante von 65° 30′ als Grundpyramide angesehen; also a : c = 1 : 0.45483 angenommen. Die Hauptaxen der Krystalle würden sich unter 97° 50′ schneiden.

und der schwäbischen Melilithbasalte, ist eine eigenthümlich schön himmelblaue Interferenzfarbe charakteristisch, die auch bei einigen andern schwach doppelbrechenden Mineralien auftritt, wie bei Chloriten und bei Zoisit, seltener bei Vesuvian. Dieselbe scheint darauf zu beruhen, dass im Melilith eine optisch positive und eine optisch negative Verbindung in isomorpher Mischung auftreten dürften, wodurch dann in Folge des verschiedenen Werthes von $\omega - \varepsilon$ für verschiedene Wellenlängen der Charakter für die eine positiv, für die andere negativ werden kann. Im Allgemeinen ist der Charakter der Doppelbrechung für die gesteinsbildenden Melilithe negativ. Am vesuvianischen Humboldtilith wurde gemessen

$$\omega_\varrho = 1.6312 \quad \varepsilon_\varrho = 1.6262 \text{ (L. Hennigs)}$$
$$\omega_{na} = 1.6389 \quad \varepsilon_{na} = 1.6291$$

Daraus $(\omega - \varepsilon)_{na} = 0.0048$. — Vermittelst des Babinet'schen Compensators bestimmte E. A. Wülfing am Melilith des Capo di Bove $(\omega - \varepsilon)_{li} = 0.00530$, $(\omega - \varepsilon)_{na} = 0.00517$, $(\omega - \varepsilon)_{tl} = 0.00521$, mit einem möglichen Fehler von ± 0.0001. Das Minimum der Doppelbrechung läge demnach in der Mitte des Spectrums und dieselbe nähme nach beiden Seiten zu, und zwar schneller nach der linken, als nach der rechten.

Im convergenten Lichte erhält man bei den basischen Durchschnitten kaum noch ein sehr verwaschenes, oft gar kein Kreuz. — Die Doppelbrechung ist bei den eigenfarbigen, also wohl eisenhaltigen Melilithen des Capo di Bove gegen die Erwartung kaum merklich höher, als bei den farblosen der Melilith- und Nephelinbasalte. — Pleochroismus fehlt den farblosen und schwach gefärbten Melilithen ganz; bei den deutlich gelben fand Stelzner E dunkelgelb, O hellgelb.

Der Melilith besitzt eine eigenthümliche und constante Mikrostructur in den Gesteinen, deren man sich daher mit Vortheil neben den wesentlichen Eigenschaften zur Bestimmung bedienen kann. Die Längsschnitte (// c) desselben zeigen entweder feine, fast wie Spaltrisse aussehende Streifen, welche bald einzeln, bald geschaart der Hauptaxe parallel in den Durchschnitten verlaufen (Taf. XIV Fig. 1), oder aber es erstrecken sich von den basischen Endflächen aus eigenthümliche Gebilde von pflock-, spiess-, spatel-, ruder- oder schlauchartiger Gestalt in den Krystall hinein (Taf. XIV Fig. 6), und durchsetzen diesen auf grössere oder geringere Tiefe, sich gelegentlich zu kugel- oder trichterförmigen Formen erweiternd, auch

wohl, wenn gleich selten seitlich, also parallel oP (001), Arme aussendend. Stelzner bezeichnet die Mikrostructur des Melilith nach diesen Gebilden sehr passend mit dem Namen Pflockstructur. Zwischen dieser Pflockstructur und der feinen Längsfaserung parallel c scheinen Zwischenformen zu existiren, so dass letztere auch nur eine andere Form der Pflockstructur wäre. In manchen Fällen setzen diese Pflöckchen von den beiden Basisflächen nur bis annähernd zur Mitte des Krystalls fort und lassen hier einen schmalen, durchaus compacten Streifen der Krystallsubstanz frei. — Was diese Pflöcke seien, ist nur in sehr frischen Melilithen und nur dann zu erkennen, wenn ihre Dimensionen nicht gar zu winzig sind. Dass dieselben keine Spalten seien, beweist ihre Form, dass sie keine Hohlräume oder mit Flüssigkeit erfüllte Räume seien, beweist die Schärfe ihrer Ränder gegen den Melilith. Sie müssen ein fester Körper sein, dessen Brechungsexponent nicht allzusehr von demjenigen des Wirths abweicht. Davon überzeugt man sich auch besonders bei der Betrachtung basaler Schnitte, wo die Pflöckchen im Querschnitt als scharf umrandete Kreise erscheinen. Dass sie nicht doppelbrechend seien, erkennt man aus dem Studium des Wirths in Längsschnitten (parallel c). Bei sehr dünnen Schliffen kann man hier gelegentlich direct die Isotropie der Pflöckchen beobachten; in dickeren Schliffen findet man stets, dass die Interferenzfarben des Wirthes gesunken sind, wo solche Pflöckchen ihn durchsetzen, d. h. der Melilith ist hier dünner. Alle diese Erscheinungen weisen darauf hin, dass die Pflöckchen aus Glas, amorph erstarrten Theilen des Gesteinsmagmas bestehen. Etwas Aehnliches zeigt gelegentlich der Gehlenit; wenn man die Krystalle dieses Minerals mit verdünnter Salpetersäure aus dem Kalk herausätzt, so findet man gleichfalls von der Basis aus, seltener von den Prismenflächen aus cylindrische und walzenförmige Canäle ins Innere des Krystalls sich erstreckend, welche mit dem Kalk erfüllt waren, in welchem der Gehlenit sich bildete.

An Einschlüssen beherbergt der Melilith sonst die älteren ihn begleitenden Mineralien, besonders gern den Augit und Leucit, seltener Erze, Perowskit und Apatit. Die Anordnung der Einschlüsse ist meistens eine centrale oder regellose, seltener eine zonare, oder es combinirt sich centrale Anhäufung mit zonarer Vertheilung. Um die mikrolithischen Einschlüsse herum entwickelt sich bisweilen eine Spannung in dem Wirthe, die bis zum Aufreissen radialer Sprünge führen kann.

Der Melilith ist ein Kalkthonerdesilikat, in welchem neben Kalk auch Magnesia und Alkalien, neben Thonerde Eisenoxyd auftritt. Man giebt ihm wohl die Formel $Ca_{12} Al_4 Si_9 O_{36}$. Er gelatinirt überaus leicht mit Salzsäure und in der Lösung entsteht auf Zusatz von etwas Schwefelsäure eine reichliche Menge von Gypsnädelchen. Sein sp. G. 2.90—2.95 gestattet eine bequeme Abscheidung des Melilith aus dem Gesteinspulver. — Die leichte Angreifbarkeit des Melilith erklärt seine häufige Zersetzung in der Natur; er wandelt sich fast stets in fasrige Aggregate um, welche starke Doppelbrechung besitzen und wahrscheinlich einem Zeolith angehören. Die Fasern stehen dann in den meisten Fällen senkrecht auf der Basis und schiessen von beiden diesen Flächen her ins Innere des Krystalls; hier berühren sie sich oft in einer äusserst feinen Linie. Die Umwandlung ist hier offenbar den Pflöcken gefolgt, wie auch sonst die an Einschlüssen reichen Theile gesteinsbildender Mineralien am leichtesten den Veränderungsvorgängen erliegen, weil hier die Angriffsoberfläche die grösste ist. — In andern Fällen ordnen sich die neugebildeten Fasern zu zierlichen radialstruirten Gruppen. In auffallendem Lichte (wenn man z. B. die Hand vor den Spiegel des Mikroskops hält) sind solche mehr oder weniger veränderte Melilithe kreideweiss oder ockerfarbig und sehen fast erdig aus, wie alle sehr feinkörnigen Aggregate. — Eine Umwandlung des Melilith in Granat beobachtete Törnebohm* an den Melilithen der Alnöite von Alnö.

Der Melilith ist in seinem Vorkommen auf die jüngeren basischen Eruptivgesteine und gewisse gangförmige Begleiter der Eläolithsyenite beschränkt. Seine weite Verbreitung in den Leucit- und Nephelingesteinen lehrte besonders Stelzner kennen, dem man auch die Mittel zu einer exacten Unterscheidung des Melilith von dem Nephelin, mit welchem Mineral er früher sehr oft verwechselt wurde, verdankt. Ebenso erwies Stelzner die Existenz eigentlicher Melilithgesteine, in denen also dieses Mineral statt der Feldspathe oder ihrer sonstigen Vertreter erscheint. Neben Nephelin, Leucit und Augit gehört der Perowskit zu den constantesten Begleitern des Melilith. — Zum Studium des Melilith eignen sich besonders die Melilithbasalte der Schwäbischen Alb, von Görlitz, vom Devin bei Wartenberg in Böhmen, die Nephelinbasalte des Hegaus und der Leucitit des Capo di Bove. — Den Melilith in

* Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1882. VI. No. 76. 243.

Eifeler Laven besprach Hussak*, denjenigen in einem Nephelinbasalt von Oahu Wichmann** und Cohen***.

Der Melilith ist ein in den Hochofenschlacken nicht selten krystallisirendes Mineral. Durch Krystallisation aus Schmelzfluss stellten ihn zuerst Fouqué und Michel-Lévy† in quadratischen Tafeln dar. Bourgeois†† variirte bei der Darstellung des Melilith nach derselben Methode das Monoxyd und fand, dass bei Gegenwart von Natron die Krystallisation besonders leicht geschehe. Sehr leicht bildeten sich manganreiche Melilithe und diese besassen einen schönen Pleochroismus in violetten Tinten. Reine Kalk- und reine Magnesiamelilithe liessen sich nicht darstellen.

Bemerkenswerthe Mittheilungen über sog. Gehlenit- und Melilith-Schlacken giebt J. H. L. Vogt†††. Er fasst alle die quadratischen Schlackenkrystallisationen von melilithartigem Charakter als eine Mischungsreihe von einer optisch positiven, thonerdefreien Substanz, die er Åkermanit $[(CaMg)_4 Si_3 O_{10}]$ nennt und dem thonerdehaltigen, optisch negativen Gehlenit $= (CaMg)_3 Al_2 Si_2 O_{10}$ auf. Die Isomorphie dieser Verbindungen wird durch die Gleichwerthigkeit von $\overset{VI}{Al_2}$ mit $\overset{II}{R}\overset{IV}{Si}$ erklärt und auf die Analogieen in der Pyroxenreihe hingewiesen. Vogt stützt seine Hypothese auf die Berechnung der verschiedenen Mischungsproportionen und die Vergleichung mit den bekannten Analysen, auf die specifischen Gewichte und das optische Verhalten. Der Charakter wäre positiv vom reinen Åkermanit bis zu einer Mischung von 7 Åkermanit mit 3 Gehlenit, die Doppelbrechung würde etwa = 0 bei einer Mischung von 6 Åkermanit mit 4 Gehlenit und wäre negativ bei höherem Gehlenitgehalt der Mischungen. Das specifische Gewicht wüchse mit zunehmendem Gehlenitgehalte von 2.75—3.05. Auch die oben erwähnten zonaren Verwachsungen von isotropen und negativen, beziehungsweise positiven Mischungsgliedern wurden von Vogt in den Schlacken beobachtet. Das $\overset{II}{Mg}$ und $\overset{III}{Al}$ der obigen Verbindungen können durch die gleichwerthigen $\overset{II}{Fe}$, $\overset{II}{Mn}$, $\overset{II}{Na_2}$, $\overset{III}{Fe}$ und $\overset{III}{Mn}$ vertreten werden*†.

* Die basaltischen Laven der Eifel. S. W. A. LXXVII. April 1878.

** L. J. 1875. 172.

*** L. J. 1880. II. 55.

† Synthèse des minéraux et des roches. Paris. 1882. 59. 126.

†† Ann. de Phys. et de Chimie. 1883. (5.) XIX.

††† Beiträge zur Kenntniss der Gesetze der Mineralbildung in Schmelzmassen und in den neovulkanischen Ergussgesteinen. pg. 96 sqq. Christiania. 1891.

*† Man vergl. übrigens G. Bodländer, Entstehung von Melilith beim Brennen von Portland-Cement. L. J. 1892. I. 53.

— Für die Lehre von der Reihenfolge der Ausscheidungen in schmelzflüssigen Lösungen ist es wichtig, dass nach seinen Beobachtungen das frühere Auskrystallisiren des Olivin oder des Melilith in den Schlacken von dem Mengenverhältniss ihres Gehaltes an Ca und (Mg, Fe, Mn) abhing. Bei stark herrschendem Ca krystallisirte nur Melilith, bei höherem Gehalt an (Mg, Fe, Mn) etwa zwischen 7—16 % erst Melilith, dann Olivin, bei noch höherem Gehalt an diesen Metallen erst Olivin, dann Melilith, und endlich nur Olivin, während der Rest zu Glas erstarrte.

Melinophan.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 279—293.

Die Krystalle des Melinophan sind immer tafelartig nach oP (001); nach dieser Fläche aggregiren sie sich gern angenähert parallel zu Gruppen. Randliche Flächen sind sehr selten zu beobachten und treten in solcher Vertheilung auf, dass Brögger daraus auf rhombotyp-tetartoëdrischen Charakter des Minerals schliesst. Das Verhältniss $a : a : c = 1 : 1 : 0{,}6584$ ($111 : 11\bar{1} = 85^0\,55'$) ist sehr ähnlich dem des Leukophan $a : b : c = 0{,}9939 : 1 : 0.6722$.

Die durch Aetzung mit starker Flusssäure auf oP hervorgebrachten Aetzfiguren beweisen den unsymmetrischen Charakter dieser Fläche, und die auf 001 und 00$\bar{1}$ umgekehrte Richtung derselben zeigt, dass auch die Fläche selbst keine Symmetrieebene ist. Die Vertheilung der Aetzfiguren auf einer Fläche oP lässt auf vielfache Zwillingsbildungen nach 001 und den darauf senkrechten (110) und (100) schliessen.

Spaltung nach oP (001) schwierig. — H. = 5.5.

Brechungsexponent nicht hoch. — Doppelbrechung negativ und stark. Des Cloizeaux bestimmte für rothe Strahlen $\omega = 1.611$, $\varepsilon = 1.592$. Brögger fand ω für rothes Glas = 1.6097, $\omega_{na} = 1.6126$, $\omega_{tl} = 1.6161$, ε für rothes Glas 1.5912, $\varepsilon_{na} = 1.5934$, $\varepsilon_{tl} = 1.5975$. Darnach ist für gelbes Licht $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.6062$, $(\omega-\varepsilon)_{na} = 0.0192$.

Die Interferenzfigur ist in Folge der starken Doppelbrechung auch in dünnen Blättchen sehr prächtig, oft absolut regelmässig, oft anscheinend zweiaxig mit 2 E bis zu 36°, auch verhalten sich verschiedene Stellen desselben Blättchens nicht selten verschieden. — Die Farbe ist maisgelb, schwefelgelb, orange, honiggelb, selten roth, und zwar wenn die Substanz unfrisch zu sein scheint. — Pleochrois-

mus schwach und nur bei grösserer Dicke wahrnehmbar. O honiggelb bis bräunlichgelb, E schwach grünlichgelb. Absorption O > E.

Sp. G. = 3.006. — Chemische Zusammensetzung nach einer Analyse Bäckström's angenähert $Na_2 Be_4 Ca_4 Si_6 O_{21} Fl_2$. Gegen Säuren unempfindlich.

Das Vorkommen des Melinophan ist bisher auf gewisse pegmatitische Gänge in den Augitsyeniten des Langesund beschränkt, zumal auf der Insel Arö.

Mineralien des hexagonalen Krystallsystems.

Die hexagonalen Mineralien sind anisotrop einaxig wie die quadratischen. Die optische Axe fällt auch hier mit der krystallographischen Hauptaxe zusammen, und ist zugleich Axe der grössten oder kleinsten Elasticität. Im ersten Fall ist der Charakter der Doppelbrechung negativ und man hat $\omega > \varepsilon$, im zweiten Falle positiv und es ist $\omega < \varepsilon$. Jeder der beiden Strahlen wird verschieden stark absorbirt und die hexagonalen Mineralien zeigen, wenn sie farbig oder gefärbt sind, einen mehr oder weniger deutlichen Pleochroismus in allen Schnitten, welche nicht parallel der Basis liegen. — Die Schnitte senkrecht zu c haben hexagonale oder trigonale (bei Turmalin neunseitige) Umgrenzungen, beziehungsweise Blätterdurchgänge oder es fehlen die regelmässigen Umrisse und die Spaltbarkeit geht nach oP (001); dieselben verhalten sich im parallelen polarisirten Lichte wie isotrope Medien, und bleiben also zwischen gekreuzten Nicols bei einer vollen Umdrehung dunkel. Im convergenten Lichte zeigen sie ein bei Drehung des Präparats unverändertes dunkles Interferenzkreuz mit oder ohne farbige Ringe, dessen Arme parallel den Hauptschnitten der Nicols liegen. — Die Schnitte, welche schief oder parallel zu c liegen, zeigen mit der Schnittlage und Krystallform wechselnde Umrisse; die Blätterdurchgänge werden durch parallele oder sich schneidende Rissysteme erkennbar. Im parallelen polarisirten Lichte sind die Durchschnitte doppelbrechend; bei einer vollen Drehung zwischen gekreuzten Nicols lassen sie einen viermaligen Wechsel von farbig und dunkel wahrnehmen und die Dunkelstellungen werden jedesmal dann erreicht, wenn die Spaltungsrisse zu einem Nicolhauptschnitt parallel sind, oder wenn ihre Winkel von demselben symmetrisch halbirt werden. Im convergenten polarisirten Lichte erscheint gegebenen Falls das Interferenzbild der basischen Schnitte seitlich im Gesichtsfelde und bewegt sich am Rande desselben bei Drehung

des Präparats so, dass die Kreuzesarme sich parallel mit sich selbst verschieben. Bei Schnitten parallel der Hauptaxe werden eventuell gestreckte hyperbolische Curven sichtbar, welche symmetrisch zur Hauptaxe liegen.

Optische Anomalien geben sich im convergenten Lichte bei basischen Schnitten dadurch kund, dass das Interferenzkreuz sich bei Drehung des Präparats in Hyperbeln öffnet und somit das Bild eines senkrecht zur ersten Mittellinie geschnittenen zweiaxigen Körpers mit kleinem Axenwinkel darbietet. Verschiedene Stellen einer solchen abnormen Platte zeigen gemeiniglich wechselnde Grösse des scheinbaren Axenwinkels und wechselnde Lage der scheinbaren Axenebene. — Im parallelen polarisirten Lichte tritt dann gewöhnlich eine an Zwillingsstructur erinnernde Feldertheilung der basischen Durchschnitte ein.

Nach dem Gesagten sind quadratische und hexagonale Mineralien nur an ihren Formen und nach ihrer Spaltbarkeit, nicht aber nach ihren optischen Eigenschaften zu unterscheiden.

Graphit.

Der in den Gesteinen auftretende Graphit hat im Allgemeinen ganz unregelmässige Formen; er bildet Schüppchen und Körnchen von sehr wechselnder Gestalt, auch wohl discusähnliche Körperchen. Doch zeigt er, zumal in quarzreichen Gesteinen und in den körnigen Kalken, auch gar nicht selten krystalline Begrenzung und besitzt dann hexagonale bis rundliche Querschnitte und rechtwinklige, stabförmige Längsschnitte. Die Formen werden oft erst bei seiner Isolation aus diesen Gesteinen deutlich erkennbar. Zumeist ist er in winzigste Stäubchen aufgelöst, welche oft erst bei stärkeren Vergrösserungen einzeln wahrzunehmen sind.

Der Graphit ist undurchsichtig, im auffallenden Lichte schwarz bis braunschwarz mit metallähnlichem Glanze.

Von Säuren wird er nicht angegriffen; im Dünnschliffe auf Platinblech ist er nur schwer verbrennlich, selbst nach Entfernung der beigemengten Eisenerze durch Behandlung mit Säure. Doch verbrennen gewisse gut krystallisirte Graphite aus Gliedern der Gneissformation der Gegend von Schriesheim a. d. B. nach A. Osann* unschwer schon über dem Bunsen'schen Brenner. — R. Beck und W. Luzi (L. J. 1891. II. 28—38) fanden, dass gewisse Graphite

* Mittheilungen der Gr. Bad. geolog. Landesanstalt. II. 1892. S. 376.

(Ticonderoga, Burkhardtswalde) beim Glühen bis zur beginnenden Rothgluth nach vorhergegangener Behandlung mit conc. Schwefelsäure oder Salpetersäure und Kaliumchlorat, oder auch mit conc. Salpetersäure allein, Gase abgeben, wobei sie sich wurmähnlich zu dem 8—10fachen ihrer Masse aufblähen*.

Der Graphit = C ist offenbar aus organischen kohligen Substanzen hervorgegangen, in den ältesten Schiefergebilden und ganz besonders in den mehr oder weniger phyllitisch entwickelten als Gemengtheil und in feiner Vertheilung als Pigment weit verbreitet. Ebenso findet man ihn in den Gesteinen der krystallinen Schieferformation bis tief in die Gneisse hinab unter gleichen Verhältnissen. In Gesteinen jüngerer Formationen tritt er wohl nur dann auf, wenn diese durch metamorphe Vorgänge mehr oder weniger krystallinen Charakter angenommen haben. Die von dem Verfasser vermuthete Graphitnatur der kohligen Substanzen in den Granitcontactzonen wurde von R. Beck und W. Luzi (l. c.) am Chiastolithschiefer von Burkhardtswalde und Graphitquarzit aus dem Röhrsdorfer Thale bei Kreischa in Sachsen chemisch erwiesen.

Magnetkies.

Der Magnetkies bildet in den Gesteinen anscheinend niemals Krystalle, sondern stets derbe Massen. Doch beobachtete Dathe** auch an den Körnern und Blechen des Magnetkies der Pyroxengranulite Sachsens einzelne Krystallflächen. Seine Umrisse sind demzufolge unregelmässig. — Spaltbarkeit ist nicht wahrzunehmen. — Undurchsichtig; im auffallenden Lichte bronzegelb mit deutlichem Metallglanz. Durch die Farbe, durch die Anziehbarkeit vermittelst des Elektromagneten, sowie durch die Löslichkeit in Salzsäure unterscheidet sich der Magnetkies vom Pyrit. — Chemische Zusammensetzung Fe_nS_{n+1} —. Er tritt gelegentlich in alten Eruptivgesteinen, besonders häufig im Gabbro, seltener in Schichtgesteinen auf.

Hämatit.

Der Hämatit tritt in den Gesteinen in drei verschiedenen Formen auf, als Eisenglanz, als Eisenglimmer und als Rotheisenstein. Als Eisenglanz bildet er rhomboëdrische oder tafelförmige Krystalle mit einer nach den Flächen von $R\infty(10\bar{1}1)$

* cf. auch W. Luzi, Ber. Deutsch. Chem. Ges. XXIV. 4085 u. XXV. 216.
** Z. D. G. G. 1877. XXIX. 294.

(86° 10′) oft deutlichen Absonderung, welche mit Wahrscheinlichkeit auf die von Bauer* beschriebene Zwillingsbildung nach den Rhomboëderflächen zurückzuführen ist. Diese Zwillingsbildung ist mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit ein mechanisches Phänomen, wie O. Mügge in seinen wichtigen Studien über mechanische Zwillingsbildungen nachgewiesen hat**. Die Durchschnitte parallel der Basis sind trigonal oder hexagonal, senkrecht zur Basis meistens leistenförmig. — In der Form des Eisenglimmers hat das Mineral stets dünne Blättchenform mit hexagonaler Begrenzung; die Seiten der Hexagone sind dann oft sehr ungleich lang. Auch werden die Umrisse gelappt und zackig, oder ganz unregelmässig. Die Einschaltung von Zwillingslamellen nach R x ($10\bar{1}1$) ist bei dieser Form des Hämatit direct im durchfallenden Lichte wahrnehmbar, wie ebenfalls O. Mügge (l. c. 1866. II. 45) zuerst beobachtete. Die Blättchen aggregiren sich, zumal wo sie blättrigen Mineralien (Glimmer) eingebettet sind, oft zu den zierlichsten, vielgestalteten Wachsthumsformen, und sind in ihrer Lage und Anordnung von den Krystallisationsgesetzen des Wirthes abhängig. — Als Rotheisenstein ist der Hämatit derbe und bildet in den Gesteinen ein sehr fein vertheiltes Pigment, welches sich bei starker Vergrösserung als Läppchen und Körnchen oder als lockere Aggregate solcher erkennen lässt.

Eine Spaltbarkeit pflegt an dem Hämatit mikroskopisch nicht wahrnehmbar zu sein; doch bedingt die Absonderung nach dem Grundrhomboëder oder vielmehr richtiger die Einschaltung sehr feiner Zwillingslamellen das Auftreten von Linien, welche von Spaltrissen mikroskopisch nicht wohl zu unterscheiden sind.

In der Form des Eisenglanzes ist der Hämatit undurchsichtig, im auffallenden Licht metallglänzend, eisenschwarz bis grauschwarz mit einem bei günstiger Beleuchtung gelegentlich deutlich hervortretenden Stich ins Röthliche. — Der Eisenglimmer ist halbmetallisch glänzend, durchsichtig mit einer Farbe, die je nach der Dicke der Blättchen vom tiefen Roth durch gelblich roth bis ins gelblich grau variirt. Der Pleochroismus wurde zuerst von F. Rinne*** bestimmt, O ist bräunlich roth, E gelblich roth, also die Absorption $O > E$. Isolirte Blättchen des Eisenglimmers geben daher nur sehr selten bei hinreichender Durchsichtigkeit im convergenten

* Z. D. G. G. 1874. XXVI. 186.

** L. J. 1884. I. 216. — 1886. II. 35. — 1889. I. 237.

*** L. J. 1890. I. 193.

Licht die Interferenzfigur einaxiger Medien. L. Michel* beobachtete an künstlich dargestellten Blättchen, dass der Charakter der Doppelbrechung negativ ist. Die Doppelbrechung ist stark, der Brechungsexponent würde nach dem Gladstone'schen Gesetz etwa 1.98 sein. — Als Rotheisenstein ist der Hämatit undurchsichtig, im auffallenden Lichte röthlich, ohne metallischen Glanz.

Sp. G. = 4.5—5.3. Chem. Zus. Fe_2O_3. In Salzsäure löslich, aber bedeutend schwerer als Magnetit. Von einem einfachen Magnetstabe wird er nur dann angezogen, wenn er mit Magnetit verwachsen ist, was allerdings oft zutrifft. Diese Indifferenz gegen den Magnetstab kann zu einer annähernden Trennung vom Magnetit im isolirten Pulver benutzt werden.

Der Hämatit ist als Eisenglanz ein sehr verbreiteter selbständiger Gemengtheil in den sauren Eruptivgesteinen, wie Granit und Syenit, Trachyt, Liparit und Andesit, auch in manchen Phonolithen, sowie in sehr vielen krystallinen Schiefern der Gneiss- und Glimmerschieferformation. In den Eruptivgesteinen gehört er zu den ältesten Bildungen. Als Eisenglimmer tritt er in denselben eruptiven Gesteinen, aber vorzugsweise als Einschluss in andern Gemengtheilen auf, die dann durch ihn roth gefärbt erscheinen; so in dem Quarz, Feldspath und Glimmer der Granite, in den Hauynen der Phonolithe und Nephelin-, beziehungsweise Leucitgesteine. — In der Formation der krystallinen Schiefer erscheint der Eisenglimmer gleichfalls in weiter Verbreitung selbständig und als Einschluss in den übrigen Gemengtheilen; besonders in den hellen Glimmerschiefern begegnet man demselben oft, neben dem undurchsichtigen Eisenglanz, ebenso im Itabirit. Die rothe Farbe der phyllitischen Schiefer ist fast regelmässig durch reichliche und allgemeine Anwesenheit der Eisenglimmerblättchen bedingt. In diesen Schiefergesteinen ist nicht selten eine Verwachsung des Eisenglimmers mit dem Rutil wahrnehmbar. — Auch sonst ist der Eisenglimmer das verbreitetste rothe Pigment in der Mineralwelt; es möge erinnert werden an den Sonnenstein, Carnallit, Topas, Heulandit vom Fassathal, Cancrinit, Apophyllit von der Seisser Alp und andern Orten. Ueberaus verbreitet ist er in den Glimmern der pegmatitischen Ausscheidungen in Graniten und Gneissen, wo er oft zusammen mit Turmalin und Rutil durch seine gesetzmässige Anordnung nach den sich unter 60° schneidenden Rich-

* Bull. Soc. min. Fr. 1891. XIII. 159.

tungen den Asterismus der Glimmer bedingt. Auf solche Vorkommnisse von Pennsbury und New Providence in Pennsylvania und von South-Burgess und Grenville in Canada beziehen sich die Untersuchungen von G. Rose*. Schon Brewster** studirte analoge Vorkommnisse von Irkutsk in Sibirien, nennt aber den Eisenglimmer, der vielleicht titanhaltig war, Titanium. — Als lockeres Rotheisenerz in feiner Vertheilung ist der Hämatit in den sauren porphyrischen Gesteinen, Quarzporphyren, Lipariten, Quarzporphyriten und Daciten, vorhanden. Er pigmentirt die Grundmasse dieser Gesteine, besonders dann, wenn dieselbe eine mikrofelsitische Entwicklung annahm.

Recht verbreitet ist der Hämatit endlich theils in der Form des Eisenglimmers, theils als erdiger Rotheisenstein, in Pseudomorphosen nach Pyrit im Gebiet der phyllitischen Schiefer, sowie in Pseudomorphosen nach Olivin und Bronzit in den basischen Eruptivgesteinen (Melaphyren, Basalten u. s. w.), endlich nach Granat in eruptiven und schieferigen Gesteinen.

Die wichtigste künstliche Darstellung des Hämatit ist diejenige von Gay Lussac***. Derselbe erhielt tafelförmige Krystalle durch die Wechselwirkung von Wasserdämpfen und Eisenchlorid bei Rothgluth; dieser Vorgang erklärt die Bildung des vulkanischen Eisenglanzes. Man erhält Blättchen von Eisenglimmer leicht durch Auflösung von Eisenoxyd in geschmolzenem Borax, Steinsalz oder Chlorcalcium. W. Bruhns† erhielt krystallisirten Eisenglimmer, als er frischgefälltes Eisenhydroxyd im geschlossenen Rohr 10 Stunden lang bei 250° C. mit Wasser erhitzte, dem eine Spur Fluorammonium zugesetzt war. Man hat bisher keine Darstellung, welche den Eisenglanz der krystallinen und phyllitischen Schiefer erklärte.

Ilmenit.

Die Ausbildung des Ilmenit in den Gesteinen ist durchaus analog derjenigen des Hämatit eine dreifache. Am häufigsten findet man denselben in derben Massen ohne krystallographische Begrenzung, in rhomboëdrischen oder durch oR (0001) tafelförmigen Krystallen. Die Durchschnitte sind alsdann entweder unregelmässig, oder aber parallel der Basis trigonal und hexagonal, mit oft vielfach gefrans-

* S. B. A. 1869. 19. April pg. 352 sqq.

** Roy. Soc. Transact. XX. part IV. 550.

*** Ann. de Phys. et de Chim. 1823. XXII. 415.

† L. J. 1889. II. 63.

ten, zerfressenen und gezackten Contouren, senkrecht zur Basis schmal leistenförmig. Nicht selten bilden die Ilmenittafeln Wachsthumsformen, wobei sie sich zu drei parallelen Gruppen ordnen, die sich im Durchschnitt ihrerseits unter 60° schneiden. — Eine andere Art des Vorkommens hat die grösste Aehnlichkeit mit der Eisenglimmermodification des Hämatit; der Ilmenit bildet alsdann sehr dünne Blättchen, welche bald einzeln, bald in denselben Wachsthumsformen und Gruppen erscheinen, wie der gewöhnliche Ilmenit. Es ist nicht unmöglich, dass diese Gruppen von Ilmenit-Tafeln nach einem Zwillingsgesetz gebaut sind, und dass die Fläche von R $\varkappa(10\bar{1}1)$ als Zwillingsebene fungirt. Die dem Eisenglimmer entsprechende Modification des Ilmenit möge der Kürze wegen Titaneisenglimmer genannt werden. — Endlich trifft man auch den Ilmenit in einer ockerartigen Ausbildung; er erscheint dann in winzigsten Stäubchen und Aggregaten von solchen und dient als feinvertheilter Einschluss in andern Substanzen als Pigment.

In völlig unveränderten frischen Ilmeniten zeigen sich mikroskopisch keine auf Blätterdurchgänge hinweisende Risse; sobald jedoch chemische Umwandlungsvorgänge an dem Mineral begonnen haben, sieht man an den Durchschnitten Streifen- und Liniensysteme, die man als Spaltbarkeit nach R $\varkappa(10\bar{1}1)$ deuten könnte. Da man jedoch auf der natürlichen Basisfläche der Krystalle im auffallenden Lichte auch bei den frischesten Individuen eine Streifung nach den Durchschnitten mit R $\varkappa(10\bar{1}1)$ wahrnimmt, welche von Zwillingslamellen herrührt, die nach genannter Fläche eingeschaltet sind, so hat man wohl die bei nicht ganz frischen Durchschnitten wahrnehmbaren anscheinenden Spaltrisse durch einen schaligen Bau nach R zu erklären, welcher durch Umwandlungsvorgänge deutlicher in die Erscheinung tritt. — Auch ein schaliger Bau nach oR (0001) ist an den Durchschnitten mikroskopisch gelegentlich zu beobachten.

Der Ilmenit ist undurchsichtig, metallglänzend, im auffallenden Lichte eisenschwarz mit einem bei günstiger Beleuchtung oft wahrnehmbaren Stich ins Bräunliche. Der Titaneisenglimmer ist, wie wohl K. Hofmann* zuerst hervorhob, mit einer nelkenbraunen Farbe durchsichtig und stark doppelbrechend, bei höchstens halbmetalli-

* Die Basaltgesteine des südlichen Bakony. Budapest. 1879. pg. 30 ff. — Wenn die von Brewster beobachteten Einschlüsse im Glimmer (cf. S. 330) Ilmenit waren, so beobachtete dieser zuerst die Durchsichtigkeit des Titaneisens.

schem Glanze. Der ockerige, fein vertheilte Ilmenit entbehrt gleichfalls des metallischen Habitus und ist im auffallenden Lichte bräunlichschwarz bis dunkelbraun.

Sp. G. = 4.3—4.9. Chem. Zus. $FeTiO_3$, in reinem Zustande, doch scheint eine ziemlich vollständige Reihe zwischen Eisenglanz = $FeFeO_3$ und $FeTiO_3$ zu bestehen, in welcher auch Glieder mit einem Gehalt an $MgTiO_3$ vorkommen. Heisse Salzsäure greift den Ilmenit noch weit langsamer an, als den Eisenglanz. Die Lösung wird, mit Zinnfolie erhitzt, violett. Auch von heisser concentrirter Schwefelsäure erhält man eine blaue Lösung. — Gegen den Magnetstab verhält sich der reine Ilmenit ziemlich indifferent. wie Hämatit; deutliche Attraction durch den Magnetstab weist auf Verwachsung mit Magnetit hin. Die Unterscheidung von titanhaltigem Magnetit ist überaus schwierig, wenn nicht Krystallformen oder schaliger Bau, beziehungsweise Spaltbarkeit eine Bestimmung des Krystallsystems ermöglichen.

Der Ilmenit ist sehr häufig in den Gesteinen mehr oder weniger vollständig in andere Substanzen umgewandelt. In den meisten Fällen beginnt diese Umwandlung mit der Ausbildung einer im auffallenden Lichte weisslichen, gelblichen, auch bräunlichen, nur wenig durchsichtigen, stark lichtbrechenden und bei hinreichender Durchsichtigkeit stark doppelbrechenden Substanz von bald körniger. bald deutlich strahliger Structur. Die Fasern dieses Umwandlungsproductes stehen dann senkrecht auf dem Ilmenit. Diese Substanz, welche sehr verschieden von den einzelnen Petrographen gedeutet worden ist und welche in ganz analoger Form um titanhaltiges Magneteisen und um Rutil auftritt, erhielt von Gümbel*, der jedoch die Substanz für primär hielt, den Namen Leukoxen. Zirkel vermuthete in derselben Siderit, Cohen Titansäure, Verf., sich auf gewisse Vorkommnisse mit deutlicher Spaltbarkeit stützend, Anatas, Fouqué und Michel-Lévy**, sowie Hawes Titanit. v. Lasaulx (cf. oben S. 345) hielt diese von ihm Titanomorphit genannte Substanz, nach Analogie des von ihm untersuchten gleichartigen Umwandlungsproducts von Rutil, für Kalktitanat. Die Analysen von Al. Cathrein*** an dem Leukoxen, welcher den Ilmenit eines Gesteins aus dem Alpbachthal bei Brixlegg umrandet, wiesen nach, dass derselbe Titanit sei, ebenso wie das gleiche Umwandlungs-

* Die paläolithischen Eruptivgesteine des Fichtelgebirges. München. 1874. 22.

** Bull. Soc. géol. Fr. 1878. (3.) VI. 164.

*** Ueber Titaneisen, Leukoxen und Titanomorphit. Z. X. 1882. VI. 244—256.

product des Rutil*. Da aber die Untersuchungen von Diller (cf. oben S. 351) dargethan haben, dass auch der Anatas als Umwandlungsproduct des Ilmenit auftreten kann, so möge in allen unentschiedenen Fällen der Name Leukoxen für diese Pseudomorphose beibehalten bleiben. Bei fortschreitender Umwandlung wächst der Leukoxenrand auf Kosten des Ilmenit und zwar so, dass die Umrisse von Ilmenit und Leukoxen stets geometrisch ähnlich bleiben (Taf. XV Fig. 1) — ein Umstand, der für die Pseudomorphosennatur des Leukoxen spricht. Zuletzt ist aller Ilmenit durch Leukoxen ersetzt. Zeigt der Ilmenit den schaligen Bau nach R $\varkappa(10\bar{1}1)$ oder oR (0001), so folgt die Pseudomorphose diesen Schalen (Taf. XV Fig. 2) und ersetzt von den Schalengrenzen aus mehr und mehr den Ilmenit, der auf schmale Blätter beschränkt wird und zuletzt gänzlich umgewandelt erscheint. Bei dieser Pseudomorphose von Titanit nach Ilmenit bilden sich in der Nähe des Ilmenit gern Calcit und Epidot und geben Kunde von den Vorgängen, welche die Pseudomorphose bewirkten. Die bräunliche bis gelbe Färbung mancher Leukoxene leitet Al. Cathrein nach den Ergebnissen seiner Analyse von mechanisch beigemengtem Rutil in Sagenitform ab, welcher bereits in Verwachsung mit Ilmenit vorhanden war und in diesem durch Anätzen mit Salzsäure blossgelegt werden konnte. Dieselben ursprünglichen Verwachsungen von Rutil mit Eisenglanz beschrieb auch Gylling** u. A.; dieselben sind offenbar analog den makroskopischen Vorkommnissen vom Cavradi.

Diese Leukoxenumwandlung des Ilmenit vollzieht sich in eruptiven und schiefrigen Gesteinen ganz gleichmässig. — Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen ist dagegen eine Umwandlung des Ilmenit in eisenreiche Carbonate, wobei ein schon vorhandener Rutilgehalt erhalten bleibt oder die im Ilmenit enthaltene Titansäure als Rutil abgeschieden wird, auf schiefrige Gesteine der Phyllitformation und phyllitisch entwickelte Schiefer jüngerer Formationen beschränkt. Man findet die Rutilnädelchen alsdann eingewachsen in den Carbonaten, welche an die Stelle des Ilmenit getreten sind.

Dass seinerseits der Ilmenit aus Rutil entstehen kann, wurde von v. Lasaulx (cf. S. 345) sehr wahrscheinlich gemacht.

---

* Nach einem Referat von E. Kalkowsky (L. J. 1886. I. -263-) analysirte indessen Popow 1876 eine Leukoxenpseudomorphose nach magnesiahaltigem Titaneisen aus den Schischimsker Bergen im Ural und fand darin 58.85 TiO_2, 40.83 CaO, 0.58 FeO, d. h. Perowskit.

** L. J. 1882. I. 163.

Die Verbreitung des Titaneisens in der Form des Ilmenit ist eine sehr grosse. Er begleitet oder ersetzt den Eisenglanz in den Graniten, Syeniten u. s. w.; er gehört zu den wesentlichen Gemengtheilen in Dioriten, besonders aber in Diabasen, Gabbro und verwandten Gesteinen, sowie in deren mesozoischen und jüngeren Aequivalenten, Augitporphyriten, Melaphyren, Basalten u. s. w. In diesen Gesteinen gehört der Ilmenit, wie das ihn oft begleitende Magneteisen zu den ältesten Ausscheidungen aus den Gesteinsmagmen; seine Bildung geht derjenigen der Olivine und Pyroxene voraus, indessen scheint eine Wiederkehr seiner Entstehung auch in späteren Epochen der Gesteinsentwicklung vorzukommen. — Ebenso ist der Ilmenit ein häufiger Gemengtheil der Gneisse und Glimmerschiefer, der Labradorfelse Norwegens und Canadas, der Amphibolite der verschiedensten Localitäten. — In der Form des Titaneisenglimmers wies K. Hofmann das Titaneisen in den Basalten des südlichen Bakony nach; ebenso ist er in Augitvitrophyriten und Melaphyren des Saar-Nahe-Gebietes, sowie in den Nephelinbasalten und Pyroxeniten des Kaiserstuhls vielfach verbreitet. Man wird nicht weit fehlgehen, wenn man auch die bekannten Interpositionen des Hypersthen, Diallag und verwandter Mineralien zu dem Titaneisenglimmer zählt. — Als ockeriges Titaneisen sind die feinstaubigen Pigmente zu bezeichnen, welche den Plagioklasen der Gabbros und Ophite so oft ihre eigenthümlich braune Farbe geben und mit grosser Wahrscheinlichkeit bestehen die Globulite basischer Gesteinsgläser (Augitvitrophyrite und Basalte) aus Titaneisen.

Ueber eine künstliche Darstellung des Ilmenit liegen Nachrichten anscheinend nicht vor.

Korund.

Literatur.

A. von Lasaulx, Ueber das optische Verhalten und die Mikrostructur des Korund Z. X. 1885. X. 346—365.

Die Formen des gesteinsbildenden Korund sind sehr wechselnde; er krystallisirt bald in langsäulenförmigen, bald in spitz pyramidalen, bald in dünntafelartigen Formen und es treten mehrere solcher Typen auch neben einander auf (Taf. XV Fig. 3). Die Durchschnitte nach der Basis sind hexagonal durch $\infty P2$ (11$\bar{2}$0) oder $mP2$ (hh$\bar{2}\bar{h}$l) oder rundlich, diejenigen parallel c leistenförmig, aber die Längsrichtung entspricht bald der Hauptaxe, bald steht sie dazu senkrecht. Die Entscheidung darüber, welcher Typus vorliegt, ist

sehr oft nur durch die optische Bestimmung möglich. Seltener bildet der Korund unregelmässige Körner und derbe Massen in den Gesteinen.

Die Spaltung nach R $\varkappa(10\bar{1}1)$ ist bei den mikroskopischen Korundindividuen selten, bei grösseren Einsprenglingen meist deutlich wahrnehmbar. — Der Korund zeigt ebenso wie der Eisenglanz die Zwillingsbildung nach dem Grundrhomboëder und zwar, wie schon v. Lasaulx auffiel, besonders in den altkrystallinen, nicht in den vulkanischen Gesteinen. Dass diese Zwillingslamellirung ein Druckphänomen sei, hat O. Mügge* überzeugend dargethan. Durch diese, sowie durch Infiltrationsproducte auf den Verschiebungsflächen erreicht die Theilbarkeit nach R $\varkappa(10\bar{1}1)$ oft einen hohen Grad von Vollkommenheit. — Schaliger Bau nach oR (0001) scheint auf grössere Individuen beschränkt.

Der Korund ist gewöhnlich nahezu farblos, oder mit blauer Farbe, selten bräunlich oder roth durchsichtig. Pohlig fand grünen Korund in einem Auswürfling des Trachyttuffes von Königswinter**. Die Farbe pflegt nicht gleichmässig, sondern in bald ganz unregelmässigen Flecken und Flammen, oder aber in concentrischen Zonen vertheilt zu sein. Der Korund besitzt hohe Brechungsexponenten, aber geringe Doppelbrechung; Osann fand am Korund von Ceylon $\omega_{Na} = 1.7690$, $\varepsilon_{Na} = 1.7598$. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Das Relief und die dunklen Ränder durch Totalreflexion, sowie die runzelige Oberfläche sind stark ausgesprochen, die Interferenzfarben niedrig und gehen in guten Schliffen nicht über die untere Hälfte der I. Ordnung hinaus. Basale Schnitte geben das Kreuz, aber ohne Ringe bei der normalen Dicke der Dünnschliffe und die Kreuzesarme sind ziemlich verwaschen. Die optischen Anomalien der grösseren Korundkrystalle (Zweiaxigkeit und optische Feldertheilung der Basis), welche von A. Des Cloizeaux, E. Mallard*** und G. Tschermak† beschrieben und gedeutet wurden, scheinen den mikroskopischen Individuen meistens zu fehlen. Dass diese mit der Zwillingslamellirung nach dem Grundrhomboëder im engsten Zusammenhang stehe, wies v. Lasaulx nach; er erklärte die beobachteten Erscheinungen analog wie bei Rutil, fand allerdings beim Korund auch die interponirten Zwillingslamellen z. Th.

* L. J. 1884. I. 220. — 1886. I. 146.

** Sitzungsber. niederrhein. Ges. Bonn. 7. Mai 1888.

*** Explication des phénomènes optiques anomaux etc. Paris. 1877. 96.

† T. M. P. M. 1878. I. 362.

deutlich zweiaxig. — Weniger bedeutsam sind die durch Schalenbau nach ∞P2 (1120) bedingten optischen Störungen. — Der Pleochroismus ist nur bei ziemlich tiefer Färbung stark; bei den blauen Korunden (Sapphir und Smirgel) ist O blau, E meergrün, bläulich bis farblos. — Dass der Asterismus mancher Korunde mit der Interposition von Rutilnädelchen in drei sich unter 60° schneidenden Systemen zusammenhänge, erkannte schon Tschermak. Sie liegen in der Fläche oR (0001) parallel den Kanten mit ∞P2 (1120).

H. = 9. Sp. G. = 3.9—4.0. Chem. Zusammensetzung: Al_2O_3. Der Korund wird von Säuren nicht angegriffen, auch von geschmolzener Soda nicht aufgelöst und ist durch diese Eigenschaften leicht aus den Gesteinen zu isoliren.

Der gesteinsbildende Korund besitzt keine constante Mikrostructur; er umschliesst am häufigsten Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse, welch letztere mehrfach als liquide Kohlensäure erkannt wurden. Glaseinschlüsse finden sich in den Korunden der Ergussgesteine und Auswürflinge. Er ist gern mit Ilmenit unmittelbar verwachsen, umschliesst denselben auch. Ebenso kommen Rutilkrystalle und Sagenitgewebe vor, häufig in den grossen Individuen, selten in den mikroskopischen.

Der Korund tritt, wenn man von dem Smirgel absieht, der mit Eisenerzen gemengt, selbständige Lager in krystallinen Schiefern bildet, nirgends als wesentlicher Gemengtheil auf. Nur sporadisch erscheint er als zufälliger accessorischer Gemengtheil in Graniten, Gneissen, körnigen Kalken und Dolomiten. In hohem Grade interessant ist das von Teller und John* beschriebene Vorkommen desselben als Contactmineral in den Dioriten von Klausen. A. Wichmann** bespricht Korund aus Graphit von Mühldorf bei Spitz und aus einem Feldspathgestein von Felling in Niederösterreich. E. Kalkowsky*** entdeckte denselben im Hercynit von Ronsdorf in Böhmen. Auch sonst gehören Spinelle neben Rutil und Sillimanit zu den constantesten Begleitern des Korund, so z. B. in Verbindung mit Gliedern der Gabbroreihe in der Cortlandt Series† in New York und am Frankenstein im Odenwald††. E. Hussak††† beschrieb ihn

* Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1882. XXXII. 589—684.

** Verhdlg. k. k. geol. Reichsanst. 1884. 150.

*** Z. D. G. G. 1881. XXXIII. 533—539.

† G. H. Williams, Amer. Journ. 1887. XXXIII. 135.

†† A. Andreae und W. König, Abhandl. Senckenberg. naturf. Ges. Frankfurt a. M. 1888. 62.

††† S. W. A. 1883. LXXXVII. April. 358.

in Auswürflingen des Laacher Sees. Ueber die Einschlüsse in diesem Mineral berichtete G. Tschermak (l. c.), Sorby* und Prinz**.

Unter den mannichfachen Methoden zur künstlichen Darstellung des Korund besitzen die folgenden wohl die grösste geologische Bedeutung. Senarmont*** erhielt Korundrhomboëder, als er eine Lösung von Chloraluminium oder Aluminiumnitrat in der geschlossenen Röhre auf 350° C. erhitzte. — H. Sainte-Claire Deville und Caron† erhitzten Fluoraluminium in einem Kohlentiegel, in welchem ein Kohlenschälchen mit Borsäure aufgehängt war, zur Weissgluth. Der Korund krystallisirte in hexagonalen Tafeln. — Hautefeuille†† leitete über amorphe Thonerde in einem hellrothglühenden Platinrohr Dämpfe von Flusssäure, die durch Stickstoff und Wasserdampf verdünnt waren und erhielt hexagonale Täfelchen und Wachsthumsformen des Korund an den heissesten Stellen der Platinröhre. — Frémy und Feil††† schmolzen in kieselsäurereichen irdenen Tiegeln gleiche Gewichte von Thonerde und Mennige. Durch die Einwirkung der Kieselsäure des Tiegels auf das gebildete Bleialuminat wird Thonerde frei und krystallisirt am Boden des Tiegels in schönen hexagonalen Tafeln. — Fouqué und Michel-Lévy*† beobachteten die Bildung von Korund in hexagonalen Lamellen an dem Deckel eines Platintiegels, in welchem Mikroklin mit Flussspath zusammengeschmolzen war. — W. Bruhns erhielt Korundkrystalle, als er amorphe Thonerde mit Wasser, das eine Spur NH_4Fl enthielt, 10 Stunden lang in der geschlossenen Röhre auf 300° C. erhitzte. Bei 250° C. blieb die Thonerde selbst nach 24stündiger Erhitzung amorph**†. — Von grösster geologischer Bedeutung ist die Beobachtung von P. Hautefeuille und A. Perrey (Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 147), dass der Korund aus geschmolzenem Nephelin auskrystallisirt. Die Krystalle waren tafelförmig nach oR (0001). Der Versuch gelang nicht, wenn das Natrium im Nephelin durch Kalium ersetzt wurde, wohl aber, wenn man statt des Nephelin Leucit benutzte.

* Proceed. Roy. Soc. 1869. No. 109.

** Annales de la Soc. belge. de Microscopie. Bruxelles. 1882.

*** C. R. 1851. XXXII. 762.

† C. R. 1858. XLVI. 764.

†† Ann. de Chim. et de Phys. 1865. IV. 153.

††† C. R. 1877. LXXXV. 1029.

*† L. Bourgeois, Reproduction artificielle des minéraux. Paris. 1884. 65.

**† L. J. 1889. II. 63. — cf. auch G. Friedel, Bull. Soc. min. Fr. 1891. XIV. 7.

Brucit.

Der Brucit bildet unregelmässig, auch wohl hexagonal begrenzte Blättchen, seltener fasrige Aggregate in den Gesteinen. Bei blättriger Ausbildung sind die basalen Schnitte sechsseitig, rundlich oder unregelmässig, auch wohl lappig begrenzt, die Schnitte parallel c liefern schmale leistenförmige Figuren.

Die vollkommene Spaltbarkeit nach oR (0001) ist mikroskopisch sehr deutlich durch feine Risse ausgedrückt, welche parallel zu einander und zur Längsrichtung der leistenförmigen Durchschnitte verlaufen. Die Basalschnitte zeigen keine Blätterdurchgänge; doch erkennt man auf ihnen gelegentlich Knickungen und Biegungen, welche jedoch keinen gesetzmässigen Verlauf zu besitzen pflegen.

Der Brucit ist farblos durchsichtig, sein Brechungsexponent nahezu gleich dem des Canadabalsams, die Doppelbrechung stark und positiv. Bauer* bestimmte $\omega_\varrho = 1.560$, $\varepsilon_\varrho = 1.581$. Basale Blättchen zeigen das Interferenzkreuz im convergenten Lichte sehr deutlich; dasselbe öffnet sich bei Drehung vielfach in Hyperbeläste mit wechselndem Polabstand an verschiedenen Stellen des Blättchens. Man erhält dann das Bild senkrecht zur spitzen Bissectrix geschnittener zweiaxiger Medien mit kleinem Axenwinkel. Der Umstand, dass nicht nur der scheinbare Axenwinkel, sondern oft auch die Lage der Axenebene in demselben Blättchen wechselt, deutet auf Spannungen, als die Ursache der Erscheinung. — Im parallelen polarisirten Lichte sind die basalen Blättchen dann auch wohl nicht homogen und isotrop, sondern zeigen flammenartig oder streifenartig sich abgrenzende doppelbrechende Felder mit sehr matten Polarisationsfarben. Die Längsschnitte sind im parallel polarisirten Lichte, wenn die Spaltrisse 45° gegen die Nicolhauptschnitte geneigt sind, lebhaft farbig und können sehr leicht mit dem allerdings noch stärker doppelbrechenden Muscovit und dem Talk verwechselt werden. Die sichere Unterscheidung ist dadurch gegeben, dass beim Brucit parallel der Spaltbarkeit die Elasticität des Aethers die grösste, beim Muscovit und Talk kleiner ist, als senkrecht zu derselben.

Sp. G. = 2.3—2.4. Chem. Zusammensetzung $Mg(OH)_2$. Wird von Säuren gelöst, durch Glühen auf Platinblech färbt er sich bisweilen rosaroth durch Oxydation des spurenweise vorhandenen FeO zu Fe_2O_3. Befeuchtet man einen Brucit-haltigen Dünnschliff,

* L. J. B.-B. II. 1883. 70.

welcher schwach auf Platinblech geglüht wurde mit Silbernitratlösung, so färbt sich, wie Lemberg* angab, der Brucit rasch braun durch ausfallendes Silberoxyd.

Der Brucit ist ein in geringen Mengen in Magnesit- oder Dolomit-haltigen Phylliten und ebensolchen krystallinen Schiefern, in Aktinolithschiefern, sowie in Serpentinen und manchen zersetzten Diabasen verbreitetes Mineral. Derselbe ist hier offenbar aus den Carbonaten und Silikaten der Magnesia hervorgegangen. Als Contactmineral tritt er im Gemenge mit körnigem Kalk in dem sog. Predazzit und Pencatit am Monzoni auf, von wo ihn Hauenschild** beschrieb. — A. Cossa*** bespricht Brucit aus den Periklasführenden Sommablöcken.

A. de Schultén (C. R. 6 Juillet 1885) stellte den Brucit in Krystallen aus überhitzter und concentrirter Kalilauge dar. — G. Friedel (Bull. Soc. min. Fr. 1891. XIV. 74) bediente sich der Natronlauge bei 460° als Lösungsmittel.

Quarz.

Wenn der gesteinsbildende Quarz Krystallformen besitzt, so erscheint er als Dihexaëder $+R$ (10$\bar{1}$1), an welchen nur verhältnissmässig spärlich und stets untergeordnet das Prisma ∞R (10$\bar{1}$0) entwickelt ist. Die Durchschnitte nach der Basis bilden alsdann regelmässige Hexagone, diejenigen nach einer Fläche aus der Prismenzone Rhomben mit Winkeln von 76° 26′ und 103° 34′; schiefe Schnitte haben trigonale oder trapezähnliche Umrisse. Wegen der sehr verbreiteten Abrundung der Kanten und Ecken erscheinen die Durchschnitte jedoch oft rundlich; in Folge mechanischer Deformationen der ursprünglich regelmässig begrenzten Krystalle sind die Umrisse der Fragmente unregelmässig und bald gebogen, bald scharf kantig; durch Corrosion der fertigen Krystalle sind die oft vielfach verbogenen und buchtenartig ausgezackten Contouren (Taf. IV Fig. 4) zu erklären. — Unter gewissen Bedingungen scheint der Quarz jüngerer Generationen in manchen porphyrischen (granophyrischen) Eruptivgesteinen in eigenthümlichen Wachsthumsformen zu krystallisiren, welche mikroskopische Analoga zu den schriftgranitischen Quarzen bilden; der Habitus ist dann anscheinend bisweilen ein prismatischer oder ein trapezoëdrischer. Die Indivi-

* Z. D G. G. 1872. XXIV. 226.

** S. W. A. 1869. XII. 795.

*** Atti R. Accad. dei Lincei. (3.) II. 2. Jan. 1876.

duen sind aufs innigste mit Feldspath (Orthoklas, Albit oder Oligoklas) verwachsen und liegen innerhalb eines und desselben Feldspathkrystalls zu einander genau parallel (Taf. VII Fig. 4).

In den weitaus meisten Gesteinen ist der Quarz derbe, ohne Krystallform und seine Umrisse also ohne Bedeutung für die Bestimmung. Diese derben Quarze bilden bald einheitliche Individuen, bald Aggregate. Die letzteren sind fast stets körnig; nur in den Sphärolithen der porphyrischen Gesteine, oder wo der Quarz pseudomorph nach fasrigen Mineralien auftritt, sind sie fasrig. In wie weit die durchgreifende Zwillingsbildung, welche die aufgewachsenen Quarze in so hervorragender Weise charakterisirt, auch bei den gesteinsbildenden Arten vorkommt, ist noch wenig untersucht. A. Osann* fand durch Aetzung und optische Untersuchung, dass die Quarzeinsprenglinge in einem Liparitbimsstein des Cabo de Gata theils Zwillinge von rechten, theils solche von linken Krystallen seien. — Ebenso sind die in Mergeln, Kalksteinen, Dolomiten u. s. w. mancher Formationen eingewachsenen Quarze theils einfach, theils Zwillinge von rechtem oder linkem oder von rechtem und linkem Quarz**. Unter Benutzung der von C. Klein entwickelten Methode der Untersuchung von Krystallsplittern in Medien von gleichem Brechungsvermögen würde die Verwachsung von Rechtsquarz und Linksquarz keine Schwierigkeit mehr bieten.

Die unvollkommene Spaltbarkeit nach dem Rhomboëder tritt bei dem Quarz mikroskopisch nicht in die Erscheinung***; Spaltrisse fehlen durchaus. Dagegen giebt sich ein rhomboëdrisch schaliger Bau wohl gelegentlich durch die Art der Anordnung der Einschlüsse, zumal der Flüssigkeitseinschlüsse zu erkennen. — Der Mangel der Spaltbarkeit gehört zu den charakteristischesten negativen Kennzeichen des Quarzes unter dem Mikroskop.

Im Dünnschliff ist der gesteinsbildende Quarz farblos durchsichtig, auch wenn er im auffallenden Lichte gefärbt erscheint. Die milchige Trübung im auffallenden Lichte dürfte vorwiegend von Einschlüssen von Flüssigkeiten und Gasen herrühren; die Ursache

* L. J. 1891. I. 108.

** Vgl. auch A. Bömer, Beiträge zur Kenntniss des Quarzes. L. J. B.-B. VII. 1891. 516.

*** E. Mallard theilt die Beobachtung mit, dass in dünnen Blättchen von Quarz parallel der Hauptaxe und senkrecht auf einer Prismenfläche durch den Druck mit einer Nadelspitze leicht die Blätterdurchgänge nach den zum Blättchen senkrechten Flächen von +R und −R dargestellt werden können. (Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 61.)

der blauen Färbung mancher Granitquarze ist nicht sicher bekannt; die im auffallenden Lichte röthliche Farbe des Quarzes in Silikatgesteinen rührt von Täfelchen von Hämatit und Ilmenit her; die grünliche Farbe in manchen amphibolitischen Schiefern von Amphibolnädelchen; die tintenschwarze bis blauschwarze Farbe der Quarze in manchen Porphyroiden und phyllitischen Gesteinen ist durch kohlige Substanzen (Graphit, Kohle), selten durch Magnetit (in gewissen Blauquarzschichten Norwegens nach H. H. Reusch*), bedingt. — Der Brechungsexponent des Quarzes ist nahezu gleich demjenigen des Canadabalsam, daher die Oberfläche der Durchschnitte durchaus eben und ohne Relief. Die Doppelbrechung ist schwach, der Charakter derselben positiv. Rudberg fand $\omega_{na} = 1.54418$, $\varepsilon_{na} = 1.55328$. Daraus $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.54722$, $\varepsilon - \omega = 0.00910$. In Dünnschliffen steigen die Interferenzfarben des Quarzes nicht wohl über die erste Ordnung hinaus; in guten Dünnschliffen liefert er die bläulichen oder gelblichen Töne der ersten Ordnung. Basale Schnitte geben das Interferenzkreuz ohne Ringe und lassen leicht den positiven Charakter mit der $^1/_4$ Undulationsplatte bestimmen. Derselbe gehört zu den wichtigsten optischen Bestimmungsmitteln für den Quarz in Verbindung mit der schwachen Doppelbrechung und Farblosigkeit. — Die Circularpolarisation kommt im Dünnschliff nicht zur Erscheinung, da die Drehung der Schwingungsebene in einer 0.01 mm dicken Platte bereits nur $0^0.15$ für rothes, $0^0.42$ für violettes Licht betragen würde.

Das specifische Gewicht ist 2.65. — Chemische Zusammensetzung = SiO_2. Die Unangreifbarkeit des Quarzes durch die natürlich vorkommenden Reagentien bedingt es, dass derselbe im Dünnschliffe nirgends Erscheinungen der Verwitterung, sondern stets vollkommene Frische der Substanz wahrnehmen lässt, — eine der für die Bestimmung bedeutsamsten Eigenschaften. Von Säuren wird er nicht angegriffen; nur Flusssäure löst ihn auf, im Dünnschliff langsam. — Die Aetzfiguren wurden von Leydolt** und Baumhauer*** untersucht.

Bei den gesteinsbildenden Quarzen kann man folgende Arten passend unterscheiden:

Granitquarz. Derbe und in seinen Umrissen durch die mit

* L. J. 1883. II. 180.

** Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1851. II. 124—132.

*** Z. X. 1878. II. 117—125.

ihm vergesellschafteten Mineralien bestimmt, bildet er den jüngsten primären Gemengtheil der sauren körnigen Eruptivgesteine als wesentlicher oder accessorischer Component; so in Graniten, Syeniten, Dioriten und gewissen Diabasen. Der Granitquarz ist in hohem Grade durch seinen Reichthum an Flüssigkeitseinschlüssen charakterisirt. Dieselben sind meistens in anscheinend regellosen Schwärmen und Zügen, bisweilen auch unverkennbar nach den Rhomboëderflächen geordnet und pflegen dicht gedrängt zu liegen, während zwischen den einzelnen Zügen verhältnissmässig einschlussfreie Stellen sich finden. Die Flüssigkeitseinschlüsse sind theils ganz mit Flüssigkeit (Wasser, seltener liquide Kohlensäure, oder beide) erfüllt, oder neben der Flüssigkeit findet sich eine Libelle. Das Grössenverhältniss von Libelle und Flüssigkeiten schwankt in den weitesten Grenzen. Mit den Flüssigkeitseinschlüssen zusammen trifft man wohl stets Gaseinschlüsse, deren Inhalt vermuthlich aus Wasserdampf besteht. In den Flüssigkeitseinschlüssen sind gelegentlich krystalline Ausscheidungen von zumeist würfelförmiger Gestalt vorhanden, die nach Beobachtungen von F. Zirkel* in manchen Fällen dem Kochsalz angehören dürften, während in andern Fällen die mit der Temperatur stark wachsende Löslichkeit dieser Würfelchen in der Flüssigkeit des Einschlusses gegen eine solche Annahme spricht. — Nächst den Flüssigkeits- und Gaseinschlüssen sind in den Granitquarzen äusserst feine und undurchsichtige Mikrolithe recht verbreitet, die Hawes** zuerst nach dem von ihm beobachteten Uebergang in wohl erkennbaren Rutil diesem Mineral zuwies. Ein exacter Nachweis für die Richtigkeit dieser Vermuthung ist bisher nicht geliefert. Bei der grossen Verbreitung dieser Interpositionen bedarf es keiner Angabe bestimmter Fundorte.

Der derbe Granitquarz trägt in randlicher Zertrümmerung der grösseren Körner, sowie in einer welligen Auslöschung, der Folge einer stetig sich ändernden Richtung der Hauptaxe in einem und demselben Korn, oft deutlich die Spuren mechanischer Deformation an sich, welche man wohl mit Recht als von gebirgsbildenden Kräften und Processen herrührend ansieht.

Mit dem Granitquarz am nächsten verwandt ist der Quarz der krystallinen und phyllitischen Schiefer; auch dieser ist derbe und ermangelt der äusseren krystallinen Begrenzung. Jedoch erhält derselbe nicht in dem gleichen Maasse seine Umrisse

* L. J. 1870. 802.

** Mineralogy and Lithology of New Hampshire. Concord. 1878. 45.

durch die mit ihm vergesellschafteten Mineralien vorgeschrieben. Vielmehr durchdringt er sich mit diesen, zumal mit dem Feldspath gegenseitig. Es eignen ihm dann rundliche bis linsenartige Formen, die vom mikroskopischen Korn bis zu sehr bedeutenden Dimensionen heranwachsen können. Die gegenseitige Durchwachsung mit Feldspath (gelegentlich auch mit Granat, Hornblende und andern Mineralien) kann grosse Aehnlichkeit mit der granophyrischen Structur gewisser Eruptivgesteine bedingen. — Die Einschlüsse sind nach Art und Häufigkeit hier genau dieselben, wie beim Granitquarz und die Phänomene der mechanischen Deformation sind bei dem Schieferquarz noch viel weiter verbreitet und oft viel prägnanter entwickelt, wie beim Granitquarz.

Der Porphyrquarz zeigt ursprünglich stets wohlentwickelte Krystallform, die allerdings durch chemische Corrosion und mechanische Deformation in vielen Fällen mehr oder weniger vollkommen verloren gegangen sein kann. Trotzdem zeigt sich nirgends eine Abhängigkeit der Formen von den associirten Mineralien und die Bildung dieser Quarze zu einer Zeit, wo sich ein grösserer oder kleinerer Theil des Gesteins noch im Magmazustand befand, ist sicher nachzuweisen. Der Porphyrquarz ist ein wesentlicher Gemengtheil der Granitporphyre, Quarzporphyre, Quarzporphyrite, Liparite und Quarzandesite. — Die Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse der Granitquarze finden sich auch hier, jedoch im Allgemeinen nicht in der Menge, wie dort. Zu ihnen gesellen sich als sehr charakteristisch die den Granit- und Schieferquarzen fehlenden Glaseinschlüsse von rundlicher oder dihexaëdrischer Form (Taf. VI Fig. 3 u. 4). Phänomene der mechanischen Deformation sind, wenn man von den, der Glaseinschlüsse entbehrenden, sonst aber sehr nahe verwandten Quarzen der Porphyroide absieht, im Ganzen recht selten, soweit dieselben auf gebirgsbildende Kräfte zurückgeführt werden müssen. Zerbrechungen durch fluidale Bewegung der noch plastischen Gesteinsmasse sind häufig. In hohem Grade charakteristisch sind die bei Granit- und Schieferquarzen fehlenden chemischen Corrosionen bei den Porphyrquarzen (Taf. IV Fig. 4).

In den porphyrischen Gesteinen findet sich der Quarz nicht selten in kugeligen Formen, welche bald aus einem einzigen Individuum, bald aus zwei oder drei, selten mehr Individuen bestehen, die dann als Kugelsectoren erscheinen. Michel-Lévy* hat diese Form als Quartz globulaire bezeichnet. Diese Gebilde scheinen

* C. R. 27 décembre 1876 und Bull. Soc. géol. Fr. (3.) V. 140. 1876.

dadurch zu entstehen, dass um schon vorhandene Krystalle von Porphyrquarz sich später von neuem Quarzsubstanz ansetzte, die von den nächstliegenden Individuen krystallographisch orientirt wurde, aber nicht zu äusserem krystallographischem Formenabschluss gedieh. Es wären dann das oder die orientirenden älteren Individuen nicht immer im Dünnschliff sichtbar. Die Substanz derartiger Gebilde ist wohl immer oft mehr oder weniger reichlich mit Mikrofelsit untermengt.

Mit den Porphyrquarzen nahe verwandt sind die von J. Lehmann* beschriebenen Quarzkrystalle, welche durch Einwirkung basischer Lavagesteine auf eingehüllte Fragmente der durchbrochenen kieselsäurereichen Sedimente entstanden und welche er vom Laacher See, der Hannebacher Ley, Niedermendig, Mayen und Ettringen studirte. Dieselben sind in hohem Grade interessant durch das Auftreten der so seltenen Basis als Krystallfläche. — K. von Chrustschoff** beschrieb ähnliche Quarze aus Graniteinschlüssen im Basalt von Striegau in Schlesien und Rossdorf bei Darmstadt.

Der klastische Quarz der Sandsteine, Grauwacken und verwandter Felsarten entbehrt im Allgemeinen der Krystallform und ist je nach Dimensionen und Art des Transportes eckig oder rundlich; die Form der Körner ist wesentlich nicht durch die Aggregation mit andern Mineralien, sondern durch den mechanischen Act der Zusammenschwemmung bedingt. Die Mikrostructur der einzelnen Körner ist diejenige der Quarzart, zu welcher dieselben ursprünglich gehörten. Naturgemäss herrscht die Mikrostructur der Granit- und Schieferquarze. Durch secundär um die an und für sich klastischen Körner in krystallographischer Orientirung abgelagerte, neuzugeführte Kieselsäure können aus den Körnern Krystalle werden (sog. krystallisirte Sandsteine etc.). Derartige regenerirte und ausgeheilte Quarze sind in den Thonschiefern keine seltene Erscheinung.

Der sogenannte Quarz der Kieselschiefer und verwandter Gesteine bedarf noch einer genaueren Untersuchung und gehört vielleicht gar nicht zum Quarz, sondern zum Chalcedon (?).

Der Gangquarz bildet derbe Massen von körniger Aggregatform, deren Mikrostructur durch die Reichhaltigkeit an Flüssigkeits-

* Verhandl. d. naturhistor. Ver. der preuss. Rheinlande und Westfalens. 877. XXXIV. 203.

** T. M. P. M. 1886. VII. 295 und Bull. Soc. min. Fr. 1885. VII. 64.

und Gaseinschlüssen grosse Aehnlichkeit mit derjenigen der Schieferquarze besitzt. Derselben Art gehören auch die secundären Quarze in den verschiedensten Gesteinen an, welche durch Zersetzung und Verwitterung der Silikatgemengtheile entstehen und oft in Pseudomorphosen nach diesen und andern Mineralien auftreten. Solche Pseudomorphosen (dieselben sind oft in wechselnder Menge mit Carbonaten und Limonit untermengt) kennt man nach Feldspath, Glimmer, Amphibol, Pyroxen u. s. w. Es ist hervorzuheben, dass in solchen Pseudomorphosen der Quarz auch gelegentlich in fasrigen Aggregaten ausgebildet erscheint, aber stets nur dann, wenn das ursprüngliche Mineral fasrige Structur hatte, wie fasriger Kalkspath, Asbest, Chrysotil, Krokydolith u. s. w. Ueber derartige Pseudomorphosen vergleiche man G. Rose*, G. Tschermak**, F. Wibel***, H. Fischer†, A. von Lasaulx†† u. A.

Ueber geschmolzenen Quarz als Bindemittel der Blitzröhren berichtete C. W. von Gümbel††† und A. Wichmann*†.

Bei der ungeheuren Verbreitung und der hervorragenden geologischen Bedeutung des Quarzes haben die künstlichen Darstellungen dieses Minerals eine ganz besondere Wichtigkeit. So mannichfach nun auch zweifellos die Entstehung des Quarzes in der Natur ist, wo wir ihn als krystalline Ausscheidung aus schmelzflüssigen Magmen, aus normalen wässrigen Lösungen und aus wahrscheinlich überhitzten wässrigen Lösungen (in metamorphen Gesteinen) kennen, so beschränkt sind bis auf den heutigen Tag die Methoden der künstlichen Darstellung. Aus überhitzten wässrigen Lösungen wurde Quarz mehrfach und unter wechselnden Bedingungen dargestellt von Schafhäutl**†, Senarmont***†, Daubrée†* und Friedel und Sarasin††*. — Hautefeuille†††* war der erste, dem die Krystallisation des Quarzes aus Schmelzflüssen gelang. Er erhielt

* Z. D. G. G. 1864. XVI. 595.
** S. W. A. 1862. XLVI. 488 und Z. D. G. G. 1865. XVII. 68.
*** L. J. 1873. 367.
† T. M. M. 1873. 117.
†† L. J. 1874. 164.
††† Z. D. G. G. 1882. XXXIV. 647.
*† Z. D. G. G. 1883. XXXV. 849.
**† Münchener gelehrte Anzeigen. 1845. 557.
***† C. R. 1849. XXXIX. 227.
†* Annales des mines 1857. (5). XII. 289.
††* Bull. Soc. min. Fr. 1879. II. 113.
†††* C. R. 1878. LXXXVI. 1133; 1880. XCIII. 686 und Bull. Soc. min. Fr. 1878. I. 1.

messbare Krystalle, als er amorphe Kieselsäure mehrere Wochen in einer schmelzflüssigen Mutterlauge von Natriumwolframiat bei etwa 900° löste; der Versuch gelang auch, als Lithiumwolframiat statt des Natronsalzes angewandt wurde. Ebenso krystallisirte der Quarz aus schmelzflüssigen Lösungen von Alkaliphosphaten und Alkalifluorüren bei 700°. — In Gemeinschaft mit Margottet* stellte derselbe Chemiker Quarzkrystalle aus schmelzflüssigen Lösungen eines Gemenges von Chlorlithium und Lithion bei dunkler Rothgluth dar. — Parmentier** ersetzte mit Erfolg in den zuerst erwähnten Versuchen von Hautefeuille das Natriumwolframiat durch Natriummolybdat. — K. von Chrustschoff*** erhielt Quarzkrystalle durch mehrmonatliche Erwärmung einer Lösung dialysirter Kieselsäure im zugeschmolzenen Glaskolben auf 250° C., also wohl nur eine Wiederholung der Daubrée'schen Versuche. — W. Bruhns† erhielt auf ähnlichem Wege schon nach 10stündiger Einwirkung schöne Quarzkrystalle, als er dem Wasser etwas Fluorammon zusetzte.

Eine Darstellung des Quarzes aus schmelzflüssigen Silikatmutterlaugen ist bis dahin stets vergeblich versucht worden. Der Grund dürfte darin zu suchen sein, dass die künstlichen Silikatschmelzen nicht wasserhaltig hergestellt werden können, wie es die natürlichen sind.

Chalcedon.

Der Chalcedon bildet concretionär krystalline Massen von selten parallel-, meistens radialfasriger Structur und schaliger Absonderung. Immer scheinen die Fasern senkrecht zur Oberfläche der Schalen zu stehen; dieselben haben sehr wechselnde Querdimensionen, sind jedoch stets ungemein dünn. Innerhalb der festen Gesteinsmasse trifft man den Chalcedon vorwiegend in der Form von meistens sehr normal gebauten Sphärokrystallen (Taf. XVIII Fig. 2), während er auf Klüften und in Drusen in Form von dünneren und dickeren Ueberzügen oder in Stalaktiten auftritt. Das Krystallsystem des Chalcedon ist nicht mit voller Sicherheit bestimmt. Mehrere der unten aufgezählten Eigenschaften sprechen gegen die Einordnung des Minerals bei den optisch einaxigen Körpern.

* C. R. XCIII. 1880. 636 und Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 244.

** Ann. scientif. de l'Ecole Norm. Supér. 1882.

*** L. J. 1887. I. 205.

† L. J. 1889. II. 63.

Der Brechungsexponent ist etwas kleiner als bei Quarz n_ϱ = 1.537; die Doppelbrechung etwas schwächer. Die Auslöschung liegt, soweit man das feststellen kann, parallel der Faseraxe und diese entspricht der grössten Elasticität, wovon man sich leicht bei Untersuchung der Sphärokrystalle mit dem Quarzkeil oder dem Gypsblättchen überzeugt. In diesem negativen Charakter der Doppelbrechung besitzt man ein bequemes Unterscheidungsmittel gegenüber dem Quarz. Tangentiale Schnitte zeigen feinkörnige Aggregatpolarisation und lassen wegen der geringen Dicke der Fasern nicht mit Sicherheit beobachten, ob der Chalcedon wirklich einaxig ist. Centrische Schnitte geben das sphärolithische Interferenzkreuz. Es gelingt nicht die Interferenzfigur der einaxigen Krystalle bei Einstellung auf das Centrum der Sphärokrystalle zu erhalten.

Das specifische Gewicht 2.59—2.64 etwas niedriger als bei Quarz. Die chemische Zusammensetzung = SiO_2 und das chemische Verhalten wie bei Quarz.

Dass der Chalcedon als ursprünglicher Gemengtheil in der Grundmasse sehr kieselsäurereicher porphyrischer Eruptivgesteine bei mikrofelsitischer Ausbildung derselben vorkomme, so in manchen Quarzporphyren, Lipariten, Quarzporphyriten und Daciten, ist nicht nachgewiesen. — Die aus Kieselsäure bestehenden Sphärokrystalle in Kieselschiefern und verwandten Gesteinen scheinen zum Chalcedon zu gehören. — Als Zersetzungsproduct ist er in Silikatgesteinen jeder Art recht verbreitet.

Anhang. Es scheint, dass mehrere Arten von fasrigen Kieselmineralien vorkommen. So beschreibt E. Mallard (Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 62) unter dem Namen Lussatit milchige Ueberzüge mit warziger Oberfläche auf den mit Bitumen vorkommenden Quarzkrystallen von Pont-du-Château und mit Chalcedonconcretionen von Lussat (Puy-de-Dôme). Die Substanz ist fasrig-blättrig, die Fasern stehen senkrecht auf dem Quarz. Sie sind schwächer doppelbrechend als Quarz und die Faseraxe ist Richtung der kleinsten Elasticität. Der Durchschnittsbrechungsexponent für Natriumlicht ist = 1.446, sp. G. = 2.04. Die Analyse der bei 100° C. getrockneten Substanz ergab fast reine Kieselsäure mit 7.9 und 8.3 % Wasser, welches bis zu einer Temperatur von 1000° C. entweicht. Die Doppelbrechung und ihr Charakter wird durch das Glühen nicht zerstört, eher etwas erhöht. Das specifische Gewicht nach dem Glühen ist = 1.94. Der Wassergehalt wird einer, auch mikroskopisch als isotrop erkennbaren Beimengung von Opal zugeschrie-

ben, der Lussatit selbst für wasserfrei gehalten. E. Mallard erkannte den Lussatit wieder in Gesellschaft des bläulichen Opal von Tresstyan in Siebenbürgen auf Limonit und im Opal der Fär-Oer.

A. Michel-Lévy und Munier-Chalmas beschreiben (Comptes Rendus. 24 Mars 1890) zwei andere Arten von Kieselmineralien unter dem Namen Quarzin und Lutecit. Der Quarzin bildet die äusseren Schalen von Chalcedonkügelchen, welche bei Longpont und in der Oberen Kreide der Haute-Garonne (Propiary, Auzas) vorkommen, und welche selbst wieder von Quarz überzogen werden. Die Chalcedoncentren der Kügelchen sind fasrig und bestehen aus abwechselnd dunklen und hellen concentrischen Zonen zwischen gekreuzten Nicols; die dunklen Zonen lassen die positive Bissectrix eines Axenwinkels 2V bis zu 30° ungefähr austreten.

Die Axenebene liegt parallel der Faserrichtung, die Faseraxe ist also = a. — Der Quarzin bildet fasrig-blättrige Aggregate, deren Faseraxe positiv ist. Schnitte parallel den Fasern zeigen keine ausgelöschten Stellen und haben im Maximum die Doppelbrechung des Quarzes etwa 0.009—0.010. Tangentialschnitte sind zwischen gekreuzten Nicols fast dunkel und lassen die positive Bissectrix zweier bis zu $2V = 35°$ gegen einander geneigten Axen austreten. Wo solche Tangentialschnitte an der Grenze gegen die äussere Quarzhülle hin geführt wurden, ist der Quarzin öfter in drei Sectoren von 120° geordnet, die parallel der Halbirungslinie dieser Winkel fein gestreift sind. Die centralen. also genau zur Längsrichtung der Fasern senkrecht getroffenen Theile, zeigen den Austritt der positiven Axe eines einaxigen Minerals, die peripherisch gelegenen Stellen dagegen lassen eine positive Bissectrix austreten. — Quarzin und Chalcedon werden für identisch gehalten, nur dass die Faseraxe in beiden Mineralien zwei verschiedenen Krystallaxen entspräche.

Der Lutecit kommt zusammen mit Quarzin und Quarz in dem Grobkalk der Umgebungen von Paris vor. Der Quarzin bildet hier etwas abgeplattete halbkugelförmige Sphärokrystalle, deren Basalschnitte bisweilen einen Zerfall in 8 Hauptsectoren erkennen lassen. Diese werden von Quarz umhüllt, welcher je wie die Quarzinbündel orientirt ist, auf welchen er sitzt. Der Quarz endlich trägt die Lutecitkrystalle. Es sind flache anscheinend hexagonale und mit ihrer Basis verwachsene, aber durch eine continuirliche Rinne getrennte Pyramiden. Ihr Basalschnitt hat 2 Winkel von etwa 130° und 4 von etwa 115°. ist also nur disymmetrisch. Die auf der

einen Symmetrieebene senkrechten, scheinbaren Pyramidenflächen schneiden sich unter etwa 133°. Der Aufbau dieser Pyramiden ist ein recht complicirter. Jede Pyramide besteht aus 6 Sectoren, welche von den durch die Polkanten und die scheinbare hexagonale Hauptaxe gelegten Ebenen begrenzt werden. In jeder dieser Ebenen liegt ein Fasersystem, welches mit der scheinbaren Hauptaxe 73°, mit der Pyramidenkante 46° macht. Jeder Sector des Basalschnitts zeigt zwei sich kreuzende Lamellensysteme. Die Lamellen oder Fasern sind zweiaxig; die durch c und b gehende Ebene fällt zusammen mit der Grenzebene der Sectoren durch die scheinbare Hauptaxe und die Pyramidenkante, und c macht mit der ersteren einen Winkel von ungefähr 36°, mit der Normalen zur letzteren ungefähr 7°.

Es fehlen alle Angaben über die chemische Zusammensetzung, Härte, specifisches Gewicht u. s. w. des Quarzin und Lutecit.

Tridymit.

Literatur.

A. von Lasaulx, Ueber das optische Verhalten und die Krystallform des Tridymits. Z. X. 1878. II. 253—274.

E. Mallard, Sur la tridymite et la christobalite. Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 161.

A. Merian, Beobachtungen am Tridymit. L. J. 1884. I. 193—195.

M. Schuster, Optisches Verhalten des Tridymit aus den Euganäen. T. M. P. M. 1878. I. 71—77.

Ferd. Zirkel, Ueber den mikroskopischen Tridymit. Pogg. Ann. 1870. CXL. 492.

Der Tridymit bildet tafelförmige Krystalle mit bisweilen gerundeten Umrissen, welche durch die Flächen oP (0001) und ∞P (10$\bar{1}$0) begrenzt werden. Bei den in Drusen aufgewachsenen Individuen treten ausser der Grundform (10$\bar{1}$1 : 10$\bar{1}\bar{1}$ = 124° 42′) abgeleitete Pyramiden, Prisma 2. Ordnung und ein dihexagonales Prisma in oft einseitiger Ausbildung auf. Dabei sind die aufgewachsenen Krystalle fast durchweg Juxtapositions- oder Durchkreuzungsdrillinge nach den Flächen $\frac{1}{8}$P (10$\bar{1}$6) und $\frac{3}{4}$P (30$\bar{3}$4), während bei den eingewachsenen Krystallen diese Zwillingsbildung anscheinend weit seltener vorkommt. Die Basisflächen der beiden Krystalle schneiden sich bei dem ersten Gesetz unter 35° 18′, bei dem zweiten unter 69° 52′. Beide Gesetze treten bei den Drillingen auch zusammen auf. — Die Dimensionen der eingewachsenen Tridymite sind stets durchaus mikroskopische, man sieht daher dieselben nicht, oder doch nur sehr selten als Durchschnitte, sondern meist als Körper. Die mikroskopischen Individuen treten fast aus-

nahmslos in dachziegelähnlichen Aggregaten auf (Taf. XV Fig. 4), wobei sie mit der Fläche oP sich mehr oder weniger überlagern. Durch starkes oder vollkommenes Zurücktreten eines Flächenpaares des Prismas werden die Umrisse oft rhombisch. — In derber Ausbildung ist der Tridymit nicht bekannt.

Spaltbarkeit ist an dem gesteinsbildenden Tridymit nicht wahrnehmbar, wohl aber gelegentlich eine Absonderung nach oP (0001) in Folge der Verwachsung vieler Täfelchen nach dieser Fläche. v. Lasaulx beobachtete an klaren makroskopischen Tridymiten die Bildung von Spaltrissen parallel der hexagonalen Begrenzung, wenn dieselben kurze Zeit in Kalilauge gekocht wurden, während trübe Blättchen bei dem gleichen Verfahren nur parallele Risse erhielten.

Der Tridymit als Gesteinsgemengtheil ist, von gelegentlichen Gasinterpositionen abgesehen, einschlussfrei, wasserhell durchsichtig, schwächer lichtbrechend als Canadabalsam und von mässiger Doppelbrechung, deren Charakter positiv ist. Die in Gesteinen eingewachsenen Täfelchen erweisen sich isotrop, wenn sie auf der Basisfläche liegen, schwach doppelbrechend in anderen Lagen. Die grösseren aufgewachsenen Kryställchen zeigen in basalen Blättchen eine oft sehr complicirte Feldertheilung, wobei die einzelnen Felder doppelbrechend sind und im convergenten Lichte einen Axenaustritt, beziehungsweise Bissectricenaustritt zeigen, welcher z. Th. scheinbar auf triklines oder monoklines, z. Th. auf rhombisches Krystallsystem der einzelnen Felder schliessen lässt. Dieses Verhalten führte v. Lasaulx und Schuster zu der Ansicht, der Tridymit sei mimetisch und die hexagonalen Tafeln bestehen aus zwillingsartig verbundenen mono- oder triklinen Individuen, die allerdings eine formale Annäherung an das rhombische System zeigen. Die Zwillingsverwachsungen vollzögen sich dann nach einer Prismenfläche (das Prisma hätte sehr nahezu 120°). Unter Annahme des triklinen Systems bestimmt v. Lasaulx für die in oder nahezu in der Basis liegenden Elasticitätsaxen die Brechungsexponenten $\alpha = 1.4107$, $\beta = 1.4285$ und den scheinbaren Axenwinkel zu 65°—70°. Genauer dürften die von Mallard nach besseren Methoden gefundenen Werthe sein: $n = 1.4775$, $\gamma - \alpha = 0.00185$, $\gamma - \beta = 0.00025$, $\beta - \alpha = 0.0016$, $2E = 66°$ ungefähr, entsprechend $2V = 43°$ (Puy-des-Capucin). — A. Merian wies nach, dass durch Erwärmung die Tridymittäfelchen isotrop werden; nach der Abkühlung kehrt die Doppelbrechung der basalen Blättchen zurück. Daraus ergiebt sich, dass der Tridymit hexagonal krystallisirte, sich bei den an der Erdober-

fläche herrschenden physikalischen Verhältnissen jedoch in einem Spannungszustande befindet, von welchem das Bestreben zeugt, eine andere Molekularordnung anzunehmen. Welches die angestrebte Molekularordnung sei, lässt sich nicht sicher bestimmen. — E. Mallard bestätigt die Angabe Merian's und bestimmte die Temperatur, bei welcher der Tridymit einaxig wird, zu 130° mit einem möglichen Fehler von 5° etwa. A. Merian hatte diese Temperatur zu etwa 400° geschätzt.

Das sp. G. = 2.28—2.33. Die chemische Zusammensetzung = SiO_2, chemisches Verhalten wie bei Quarz, doch löst sich der Tridymit in kochender Sodalösung.

Der Tridymit ist ein vorwiegend vulkanisches Mineral; er bildet einen nicht seltenen Gemengtheil der Liparite, Trachyte und Andesite. Bekanntlich entdeckte ihn G. vom Rath* in den Spalten und Drusen eines Augitandesits von San Christobal bei Pachuca in Mexico, Fr. Sandberger** unter denselben Verhältnissen bald darauf im Trachyt des Drachenfels und von Mont Dore-les-Bains, v. Lasaulx in centralfranzösischen Trachyten und in demjenigen von Mount Tardree in Irland, Streng*** im Porphyrit von Waldböckelheim. Dölter† beschrieb die von G. vom Rath aufgefundenen Tridymite aus dem Augitandesit von Gerenczes in der Hargitta in Siebenbürgen, Daubrée†† aus den zeolithisirten Ziegeln der Wasserleitung von Plombières, Vélain††† aus trachytischen Gesteinen von Aden. Zirkel (l. c.) wies die weite Verbreitung des Tridymit in den Gesteinen nach. — Ganz abweichend ist das von G. Rose*† constatirte Vorkommen des Tridymit in den Opalen von Kosemütz, Kaschau und Zimapan, sowie in dem Kascholong von Island und von Hüttenberg in Kärnthen. — Wahrscheinlich durch Zersetzung von Feldspath**† entstanden findet sich der Tridymit in einem Augitandesit vom Grad-Jakán auf Java. — In den Meteoriten ist Tridymit gleichfalls beobachtet worden.

* Pogg. Ann. 1868. CXXXIII. 507 u. CXXXV. 437.
** L. J. 1868. 466 u. 723.
*** T. M. M. 1871. 47 und L. J. 1872. 266.
† Verhdl. k. k. geol. Reichsanst. 1876. 331.
†† Bull. Soc. géol. Fr. 1877. (3.) IV. 523.
††† Description géologique de la prèsqu'île d'Aden. Paris. 1876.
*† S. B. A. 1869. 3. Juni. 451—462.
**† H. Rosenbusch, Ueber einige vulkanische Gesteine auf Java. Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. B. 1873. VI. 96.

Dass die grossen und etwas trüben Tridymitkrystalle aus den Euganäen aus Quarz bestehen und eine Pseudo-, vielleicht auch Paramorphose seien, wurde von MALLARD erkannt.

Die zufällige Bildung von Tridymit bei dem Brande von Korndiemen beobachtete VÉLAIN*, in den Zinkmuffeln fanden ihn neben Gahnit und Willemit SCHULZE und STELZNER**. — G. ROSE (l. c.) stellte ihn in Krystallen dar, indem er Kieselsäure oder Silikate in Phosphorsalz oder Borax auflöste; das sogenannte Kieselskelett, welches sich bei diesen Processen bildet, besteht aus Tridymit. HAUTEFEUILLE und PARMENTIER (cf. Quarz) erhielten ihn nach denselben Methoden, wie den Quarz, aber bei höheren Temperaturen. Der künstlich dargestellte Tridymit zeigt nicht selten dieselben optischen Anomalien, wie der aufgewachsene natürliche. — Ueber künstliche Bildung des Tridymit machen ferner Angaben K. VON CHRUSTSCHOFF*** und W. BRUHNS†.

Calcit.

Es scheint kein Gestein zu geben, in welchem der Calcit in Krystallen eingewachsen vorkomme; vielmehr bildet er entweder unregelmässig begrenzte Körner und Blättchen, beziehungsweise Aggregate solcher, oder er tritt in parallel-, beziehungsweise divergentfasrigen Aggregaten auf, oder endlich er erscheint in jener eigenthümlich concretionär-krystallinen Form, die wir oolithisch nennen. Für die mikroskopische Bestimmung sind demnach die Krystallform und die durch diese bedingten Contouren nicht zu verwenden. Dagegen sind die körnigen und blättrigen Ausbildungsformen des Calcit in den Gesteinen überaus oft durch die Zwillingslamellirung nach $-\frac{1}{2}R$ *x* $(01\bar{1}2)$ in hohem Grade charakterisirt, durch welche jedes Korn zu einem polysynthetischen Individuum wird (Taf. XV Fig. 5). Die weite Verbreitung dieser Zwillingslamellirung im körnigen Kalk wies zuerst OSCHATZ†† nach; dass dieselbe künstlich durch Druck hervorgebracht werden kann, zeigte E. REUSCH††† und hatte schon FR. PFAFF*† und zuerst BREWSTER**†

* Bull. Soc. min. Fr. 1878. I. 113.
** L. J. 1881. I. 120.
*** L. J. 1887. I. 207.
† L. J. 1889. II. 64.
†† Z. D. G. G. 1855. VII. 5.
††† Pogg. Ann. 1867. CXXXII. 445 und S. B. A. April 1867.
*† Pogg. Ann. 1859. CVII. 336.
**† Philos. Transact. 1841—42 und Edinburgh Journ. of Sc. Oct. 1828. IX. 312.

beobachtet. G. Linck* fand, dass auch die Operation des Dünnschleifens bei hinreichender Dünne des behandelten Blättchens Zwillingslamellirung nach $-\frac{1}{2}$ R $x(01\bar{1}2)$ hervorbringt. A. Stelzner** hielt es für wahrscheinlich, dass auch die fast allgemeine Verbreitung dieser Zwillingsbildungen in den Individuen des körnigen Kalkes ein Druckphänomen sei und diese Auffassung findet eine kräftige Stütze in der Thatsache, dass in den genannten Gesteinen die Züge von Zwillingslamellen gar oft eine nicht unbeträchtliche Verbiegung zeigen. Inostranzeff*** wies darauf hin, dass man sich mit Rücksicht auf das Fehlen dieser Zwillingslamellirung bei den übrigen rhomboëdrischen Carbonspathen derselben zur Unterscheidung und Bestimmung des Calcits bedienen könne.

Die Spaltbarkeit des Calcit nach dem Grundrhomboëder R $x(10\bar{1}1)$ drückt sich im Dünnschliff durch zahlreiche und scharfe Risse aus (Taf. IX Fig. 2), deren gegenseitige Neigung natürlich mit der Schnittlage wechselt und auch diese Spaltbarkeit gehört zu den wichtigsten Unterscheidungsmerkmalen des Calcit von andern Mineralien, kann jedoch natürlich gegenüber Dolomit, Magnesit u. s. f. nicht verwerthet werden. An den Spaltrissen, welche den Calcit nicht senkrecht, sondern geneigt durchsetzen, treten oft zu Folge der Interferenz der an den Wänden der Risse reflectirten oder mehrfach reflectirten Strahlen Newton'sche Farben auf.

Der Calcit ist an und für sich farblos, erscheint aber durch organische Pigmente oder durch Eisenhydroxyd oft dunkelgrau, bläulich, fast opak, bräunlich oder gelblich im durchfallenden Lichte. Der mittlere Brechungsexponent ist nicht hoch, demzufolge die Oberfläche der Durchschnitte eben, das Relief gering. Dagegen ist die Doppelbrechung eine sehr starke bei negativem Charakter, $\omega_{na} = 1.6585$, $\varepsilon_{na} = 1.4864$, $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.6011$, $\omega - \varepsilon = 0.1721$. Dadurch sind die Interferenzfarben zwischen gekreuzten Nicols auch bei sehr geringer Dünne hoch; bei einer Drehung zwischen gekreuzten Nicols wechselt dunkel mit weisslichhell oder mattgrünlich und mattgrünlichhell und es fehlen die präcisen Farben der niederen Ordnungen. Basische Schnitte geben im convergenten polarisirten Lichte das Interferenzkreuz mit mehreren farbigen Ringen auch bei sehr geringer Dicke. Ebenso liefern radiale Aggregate, welche

* L. J. 1883. I. 203.

** Petrographische Bemerkungen über Gesteine des Altai in B. v. Cotta, Der Altai. Leipzig. 1871. Sep.-Abd. pg. 57.

*** Kalksteine und Dolomite. T. M. M. 1878. I. 45.

gelegentlich in Eruptivgesteinen secundär gebildet werden, in tangentialen Schnitten die Interferenzfigur der einaxigen Krystalle mit negativem Charakter, wenn man nicht auf die Oberfläche der Schnitte, sondern auf solche Punkte das Objectiv einstellt, in welchen sich Strahlen gleichen Gangunterschiedes schneiden (S. 73). — Die oolithischen Aggregate geben oft deutlich im parallelen polarisirten Lichte die Interferenzfigur der sphärischen einaxigen Aggregate (Taf. VIII Fig. 3). Pleochroismus zeigt der Calcit nicht, doch ist die stärkere Absorption des ordentlichen Strahles in Schliffen, die nicht gar zu dünn sind, deutlich zu erkennen.

Des sp. G. = 2.72 kann man sich oft zur Unterscheidung von Dolomiten und von Aragonit (2.95) bedienen. — Unter den chemischen Eigenschaften ist besonders die leichte Angreifbarkeit durch schwache Säuren schon bei gewöhnlicher Temperatur ein wichtiges Distinctiv gegenüber den mit Calcit isomorphen Carbonaten. Ein Theil des Ca in der Formel $CaCO_3$ ist oft durch Mg, Fe oder Mn vertreten, ohne dass die leichte Angreifbarkeit selbst durch Essigsäure dadurch alterirt würde. — Zur Unterscheidung magnesiareicher Calcite von normalen Calciten bedient man sich mit Vortheil der von G. Linck (cf. S. 217) angegebenen Methode, die von der Canadabalsam-Bedeckung gereinigten Dünnschliffe mit einer gemischten Lösung aus Ammoniumphosphat und Essigsäure zu behandeln. Die Lösung wirkt zufolge der sich auf der Oberfläche des Schliffs absetzenden Haut von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia (Struvit) schon bei einem Gehalt von 8 % Magnesiacarbonat nur noch sehr schwach ein.

Der Calcit umschliesst gern Flüssigkeitseinschlüsse und Rhomboëder von Dolomit oder Magnesit. — Mechanische Deformationen geben sich durch Biegung der Spaltrisse und durch undulöse Auslöschung kund und sind zumal in den körnigen Kalken häufiger.

Die Verbreitung des Calcit, auch wenn man absieht von dem Herrschen dieser Substanz in den Sedimentärformationen, wo er als Marmor, Kalkstein, Oolith, Kreide, Kalktuff und in dem Mergel, kalkigen Sandsteinen, Kalkthon- und Kalkglimmerschiefern u. s. f. auftritt, ist eine ungeheure. In den verschiedenartigsten Eruptivgesteinen, mit Vorliebe allerdings in den kieselsäurearmen, findet er sich theils als Ausfüllungsmasse der Drusenräume und Klüfte, theils in dem compacten Gesteinsgewebe. Er ist sehr oft ein Product der atmosphärischen Zersetzung und bildet dann bisweilen vollkommene Umwandlungs-Pseudomorphosen nach Kalksilikaten

(Plagioklas, Augit etc.) oder Verdrängungs-Pseudomorphosen nach kalkfreien oder kalkarmen Silikaten (Olivin, Biotit u. s. w.). Auch trifft man ihn in manchen Eruptivgesteinen (Minetten, Kersantiten) in scheinbar primären Körnern, die aber nichtsdestoweniger secundär sind und nur die von Silikaten ursprünglich eingenommenen Räume erfüllen. — In andern Fällen ist die Anwesenheit des Calcit in Eruptivgesteinen die Folge von Infiltrationen aus benachbarten kalkreichen Gesteinen.

Unter den für die Gesteinsbildung wichtigen künstlichen Darstellungen des Calcit sind besonders die Versuche von James Hall* hervorzuheben, welcher im hermetisch geschlossenen Eisenrohr bei hoher Temperatur und Druck, Kreidepulver in Marmor umwandelte. G. Rose**, welcher im Verein mit Siemens die Hall'schen Versuche mit Erfolg wiederholte, studirte die Krystallisation des kohlensauren Kalks aus kohlensauren Lösungen besonders mit Bezugnahme auf die Bildung von Calcit oder Aragonit. H. Credner*** lieferte gleichfalls Beiträge zur Entwicklung dieser Substanzen und ihrer verschiedenen Formen aus Lösungen wechselnder Zusammensetzung. L. Bourgeois† zeigte, dass aus geschmolzenen Alkalichloriden der kohlensaure Kalk in der Calcitform in durchaus schneesternartigen Wachsthumsformen krystallisirt. Aus geschmolzenen Alkalicarbonaten hatte schon G. Rose den kohlensauren Kalk krystallisiren lassen.

Dolomit und Braunspath.

Im Gegensatz zu dem Calcit erscheint der Dolomit und Braunspath, welche gemeinschaftlich als Dolomit bezeichnet werden mögen, innerhalb der Gesteine vorwiegend in Krystallen und selbst da, wo dichte homogene Aggregate vorliegen, tritt ein Bestreben nach äusserer krystalliner Begrenzung deutlich hervor, so dass dieselben eine zuckerkörnige Structur annehmen. Die Form der in den Gesteinen vorkommenden Krystalle ist das Grundrhomboëder $x(10\bar{1}1)$, wie es scheint, fast ausschliesslich; selten trifft man spitzere Rhomboëder. Demnach sind die Durchschnitte dreiseitig,

* Transact. Roy. Soc. Edinburgh. 1801.

** Ueber die heteromorphen Zustände der kohlensauren Kalkerde. III. S. B. A. 1860. 365—373.

*** Ueber gewisse Ursachen der Krystallverschiedenheiten des kohlensauren Kalkes. Journal f. prakt. Chemie. 1870. cf. Bericht d. K. sächs. Ges. d. Wiss. 2. Juni 1870.

† C. R. 1882. XCIV. 991 und Bull. Soc. min. Fr. 1883. V. 111.

sechsseitig und rhombisch. Bei der Neigung zu gebogenen Flächen, welche dieses Mineral charakterisirt, sind die Umrisse oft krummlinig, verdrückt und stark verzerrt. Radiale Aggregate* von oft bedeutenden Dimensionen scheinen sich nur selten unter ähnlichen Verhältnissen zu bilden, wie sie bei Entstehung des Carlsbader Sprudelsteins herrschten. — Zwillingsbildungen sind an den gesteinsbildenden Dolomiten nicht beobachtet worden, insbesondere fehlt die Lamellirung nach $-\frac{1}{2}R\,x\,(01\bar{1}2)$, welche am Calcit so sehr verbreitet ist. — Oolithische Structur kommt bei Dolomiten ebenso vor, wie bei Calciten**.

Die Spaltung nach dem Grundrhomboëder $x\,(10\bar{1}1)$ ist bei Dolomit durch Spaltrisse ganz ebenso ausgeprägt, wie bei Calcit und die Winkeldifferenz der Rhomboëder beider Substanzen kann bei der Unsicherheit der Durchschnittsrichtung nicht zur Bestimmung und Unterscheidung benutzt werden.

Das optische Verhalten des Dolomit ist dasjenige des Calcit; der Charakter der Doppelbrechung ist negativ, die Grösse derselben bedeutend, $\omega_{na} = 1.6817$, $\varepsilon_{na} = 1.5026$ (Fizeau). Interferenzfarben und Axenbild ebenso wie bei Calcit. Im durchfallenden Lichte ist der Dolomit farblos oder gelblich bis bräunlich in Folge beginnender Umwandlung des Eisenoxydulcarbonats in Limonit, grau, bräunlich oder schwärzlich durch organische Pigmente. — Pleochroismus ist nicht wahrnehmbar, die Absorption $O > E$.

Das specifische Gewicht des Dolomit schwankt mit dem Eisengehalt von 2.85—2.95. — Die chemische Zusammensetzung $CaMgC_2O_6$, wobei wechselnde Mengen von Mg durch Fe und Mn vertreten werden können. Die eisenreichen Varietäten wandeln sich leicht in Brauneisen um. — Essigsäure und selbst kalte verdünnte Salzsäure greifen den Dolomit nur wenig an; in erwärmter Salzsäure löst er sich rasch unter starker Effervescenz.

Der Dolomit tritt selbständig gesteinsbildend in dem Gebiet der krystallinen Schiefer, sowie meistens in nahem geologischem Verbande mit Kalkstein in den paläozoischen und mesozoischen Sedimentformationen auf. In einzelnen einsprenglingsartigen Krystallen ist er in Kalksteinen, Kieselschiefern, Thonschiefern und

* V. v. Zepharovich, Miemit von Zepce in Bosnien und Rakovác in Slavonien. Verhdl. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1879. 180—182; ferner Z. X. 1879. IV. 113—118 und E. Cohen, L. J. 1880. I. -189-.

** L. Loretz, Untersuchungen über Kalk und Dolomit. Z. D. G. G. 1878. [illegible]. 1879. XXXI. 756.

Phylliten verbreitet, zumal wo die letzteren evidente Erscheinungen der regionalen Metamorphose erkennen lassen. Er kann darin zu einem wesentlichen Gemengtheil werden, so dass diese Gesteine in Braunspathphyllite und Braunspathphyllitgneisse* übergehen. Auch in den kieseligen Concretionen der kalkigen Sedimente, sowie in den Gypsen und Anhydriten der Steinsalzbildungen trifft man die Krystalle desselben. — Ueber die Unterscheidung des Calcit und Dolomit vergleiche man das bei Calcit Gesagte. Auf die Wichtigkeit der constanteren krystallinen Begrenzung bei Dolomit im Gegensatz zu Calcit wies besonders A. Renard** hin. Die Unterschiede von Calcit, Dolomit und Magnesit im Verhalten gegen chemische Agentien besprach O. Meyer***.

Unter den künstlichen Darstellungen des Dolomit ist besonders die Methode von F. Hoppe-Seyler† zu erwähnen, welcher denselben bei einer Temperatur von 100° C. im zugeschmolzenen Glasrohr durch Einwirkung einer Lösung von Magnesiabicarbonat auf kohlensauren Kalk erhielt.

Magnesit und Breunnerit.

Der Magnesit bildet schwebende Krystelle von der Form des Grundrhomboëders R $\varkappa(10\bar{1}1)$, wenn er als accessorischer Gemengtheil auftritt; wo er sich wesentlich an der Zusammensetzung der Gesteine betheiligt, erscheint er in einzelnen Körnern oder in körnigen Aggregaten ohne krystallographische Abgrenzung der einzelnen Individuen. — Zwillingsbildungen fehlen ebenso, wie bei dem Dolomit.

Die Spaltbarkeit nach dem Grundrhomboëder wird, wie bei dem Calcit und Dolomit, durch zahlreiche und meist geradlinige, seltener schwach gebogene Spaltrisse zum Ausdruck gebracht.

Das Verhalten gegen Licht ist wie bei Calcit und Dolomit; die Doppelbrechung noch stärker und negativ. Nach E. Mallard ist $\omega_{Na} = 1.717$, $\varepsilon_{Na} = 1.515$, $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.650$, $\omega-\varepsilon = 0.202$. — Im durchfallenden Licht ist der Magnesit farblos bis graulich, auch wohl gelblich bei hohem Eisengehalt.

* M. von Miklucho-Maclay, Ueber phyllitische Gesteine von Witim in Ostsibirien. L. J. 1885. II, 145.

** Des caractères distinctifs de la dolomie et de la calcite dans les roches calcaires et dolomitiques du calcaire carbonifère en Belgique. Bull. Acad. Roy. Belg. (2.) XLVII. 5. 1879.

*** Z. D. G. G. 1879. XXXI. 445.

† Z. D. G. G. 1875. XXVII. 509.

Das sp. G. schwankt um 3.0. Die chemische Zusammensetzung $MgCO_3$ zeigt insofern einen Wechsel, als in den Breunnerit genannten Varietäten das isomorphe Eisencarbonat in wechselnden Mengen auftritt. Die entsprechenden Ca- und Mn-Verbindungen pflegen nur in untergeordneter Menge vorhanden zu sein. Kalte Salzsäure greift den Magnesit im Dünnschliff und in Stücken nicht an. Der Breunnerit wird oft durch sich ausscheidenden Limonit gelblich bis röthlichbraun gefärbt.

Der Magnesit und Breunnerit treten gelegentlich accessorisch in chloritischen und Talkschiefern, sowie in schwedischen Olivinschiefern* auf. Sie bilden, mit Talk vergesellschaftet, gewisse krystalline Schiefer, wie den von J. Macpherson** beschriebenen Duelo Galiciens, den von G. Rose aufgestellten, von M. von Miklucho-Maclay*** mikroskopisch untersuchten Listwänit des Ural, im Gemenge mit Bronzit den von K. Petersen im Süden des Balsfjord im nördlichen Norwegen entdeckten, vom Autor† mikroskopisch beschriebenen Sagvandit.

Die künstliche Darstellung des Magnesit gelang Senarmont††, als er im zugeschmolzenen Glasrohr bei 160° Lösungen von Magnesiasulphat und Natroncarbonat, oder von Chlormagnesium und Natronbicarbonat auf einander wirken liess. — Sterry-Hunt††† erhielt Magnesit in Rhomboëdern dadurch, dass er amorphes Magnesiacarbonat unter Druck mit Wasser erhitzte, sowie durch die Einwirkung von Kalkcarbonat auf Chlormagnesium oder Magnesiasulphat bei 200° C.

Apatit.

Literatur.

Ferd. Zirkel, Untersuchungen über die mikroskopische Structur und Zusammensetzung der Basaltgesteine. Bonn. 1870. 72—74.

In den Eruptivgesteinen ist der Apatit vorwiegend in der Form langer und dünner hexagonaler Säulen ausgebildet, welche mit der Basis oder der Grundpyramide ($10\bar{1}1 : 10\bar{1}\bar{1} = 80° 12'$ bis $80° 36'$) beziehungsweise mit beiden Formen enden; seltener erscheinen die Krystalle als kurze, dicke Säulen von der gleichen Begrenzung

* Svenonius, in Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1884. VII. No. 88. 201—210.

** Annales de la Soc. Españ. de hist. nat. Madrid. 1881. X. 53.

*** L. J. 1885. I. 69.

† L. J. 1884. I. 195.

†† C. R. 1851. XXXII. 409.

††† Chemical and geological essays. Boston and London. 1875. 83.

∞P (10$\bar{1}$0) . oP (0001) P (10$\bar{1}$1). Letzteres ist besonders in Gesteinen der Gabbrofamilie gelegentlich zu beobachten. — In den krystallinen Schiefern trifft man den Apatit dagegen recht oft in rundlichen bis lang ovalen Körnern, ohne oder doch nur mit geringen Andeutungen krystalliner Abgrenzung. Die Durchschnitte sind demnach parallel der Basis regelmässige Hexagone, parallel der Hauptaxe längere oder kürzere Rectangeln, welche bisweilen eine zweikantige Zuspitzung oder eine Abstumpfung der Ecken wahrnehmen lassen, oder aber die Durchschnitte sind rund bis oval. — Parallelverwachsungen mehrerer Säulchen kommen vor, Zwillingsbildungen fehlen.

Die Spaltbarkeit des Apatit nach Basis und Prisma ist nur bei grösseren Individuen mikroskopisch wahrnehmbar; dagegen zeigen die lang säulenförmigen Krystalle fast stets eine Quergliederung, so dass sie in einzelne Säulenstücke zerfallen, welche gar nicht selten gegen einander mehr oder weniger verschoben sind.

Der Apatit ist an und für sich wasserhell durchsichtig, besitzt aber auch gelegentlich in den Gesteinen eine graue, violblaue, gelbliche oder bräunliche Färbung von verschiedener Intensität. Der Brechungsexponent ist höher als bei den am häufigsten mit ihm vergesellschafteten farblosen Mineralien; daher seine grellweisse Farbe und sein nicht unbedeutendes Relief. Die Doppelbrechung ist schwach und hat negativen Charakter. Am Apatit von Jumilla ist $\omega_{na} = 1.6388$, $\varepsilon_{na} = 1.6346$ (Lattermann), $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.6372$. $\omega-\varepsilon = 0.0042$. Die Interferenzfarben gehen demnach im Dünnschliff kaum über das Weiss erster Ordnung hinaus, bleiben meistens in den blaugrauen Tönen. Im convergenten Lichte geben basale Schnitte nur das Kreuz, keine Ringe. Der farblose Apatit besitzt keinen Pleochroismus, der gefärbte ist stets deutlich und oft stark pleochroitisch und zwar ist die Absorption für $E > O$, ein bequemes mikroskopisches Unterscheidungsmittel gegenüber Turmalin. Diese stärkere Absorption des ausserordentlichen Strahls ist selbst am farblosen Apatit bei einiger Aufmerksamkeit deutlich wahrzunehmen. — Die bei den grösseren aufgewachsenen Krystallen oft zu beobachtenden optischen Anomalien, Zweiaxigkeit und Feldertheilung der basalen Schnitte, welche Mallard u. A. veranlassten, den Apatit für mimetisch zu erklären, gelangen bei den gesteinsbildenden mikroskopischen Individuen wohl kaum je zur Beobachtung.

Vermöge seines hohen specifischen Gewichtes = 3.16—3.22 gesellt sich der Apatit bei mechanischen Trennungen der Gesteins-

gemengtheile zu den Mineralien mit schwermetallischen Basen und kann von diesen gewöhnlich unschwer durch Behandlung des Gemenges mit dem Elektromagneten getrennt werden. Von anderen nicht magnetischen Substanzen (Zirkon, Titanit, Rutil etc.) trennt man ihn mechanisch alsdann noch vermittelst der Behandlung mit geeigneten Scheideflüssigkeiten.

Chemische Zusammensetzung = (Fl, Cl) $Ca_5P_3O_{12}$. Der Apatit ist leicht löslich in Säuren; in der Lösung erhält man mit molybdänsaurem Ammoniak den bekannten gelben Niederschlag in scheinbar oktaëdrischen oder rhombendodekaëdrischen Kryställchen und Krystallgruppen (Taf. XII Fig. 6), welche zumal in der Kälte sich deutlich und grösser ausbilden. In einem andern Theil der Lösung erhält man mit verdünnter Schwefelsäure Gypskryställchen. Manche Apatite sind merklich Mangan-haltig, die Lösung liefert alsdann mit Kieselflusssäure die rhomboëdrischen Krystalle mit prismatischem Habitus des Kieselfluormangans. — Ueberraschend ist bei der leichten Angreifbarkeit des Apatit die vollkommene Frische dieses Minerals auch in den durchaus zersetzten Gesteinen.

Bisweilen von ideal reiner Substanz ist der Apatit in andern sehr häufigen Fällen mehr oder weniger erfüllt von Interpositionen, unter denen Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse vorwiegend, Glaseinschlüsse seltener vertreten sind. Diese ordnen sich oft in sehr regelmässiger Weise, und zwar zeigen sie am häufigsten eine centrale Anhäufung parallel der Hauptaxe; in andern Fällen liegen sie auf concentrischen, der äusseren Krystallform parallelen Schalen von der Form ∞P $(10\bar{1}0)$, oP (0001), oder sie sind allgemein durch das ganze Mineral hin verbreitet. Am seltensten sind die Interpositionen peripherisch angehäuft oder parallel den verticalen Hauptschnitten geordnet, so dass sie in Querschnitten sechsstrahlige Sterne bilden. — Die Oberfläche der Apatite ist oft durch Corrosion runzelig und mit unregelmässigen Vertiefungen bedeckt.

Der Apatit ist in allen Gesteinen vorhanden und erweist sich bei den eruptiven Felsarten als eine der ältesten, wenn nicht als die älteste Ausscheidung aus den Magmen. Die Nadeln dieses Minerals setzen gleichmässig durch alle andern Gemengtheile hindurch. Meistens ziemlich gleichmässig durch die ganze Gesteinsmasse verbreitet, drängt er sich auch gelegentlich in Verbindung mit andern älteren Ausscheidungen (Eisenerzen, Zirkon, Glimmer) nesterartig zusammen. Es macht den Eindruck, als sei er in den älteren körnigen Eruptivgesteinen und in den feldspathführenden

krystallinen Schiefern reichlicher vorhanden, als in den jüngeren und in den feldspathfreien Schiefern; auch scheinen die basischen Eruptivgesteine mehr Apatit zu enthalten, als die saureren. Ganz besonders scheint er die Gesellschaft des Biotit und des Nephelin zu lieben. Daher eignen sich die Kersantite, Minetten und Nephelingesteine in hohem Grade zum Studium dieses Minerals.

Der Apatit lässt sich auf mehrere Weisen künstlich darstellen. Daubrée* erhielt ihn durch Einwirkung von Dämpfen von Phosphorchlorid auf Aetzkalk in hexagonalen Krystallen, Manross** durch Zusammenschmelzen von dreibasisch phosphorsaurem Natron mit einem Ueberschuss von Fluorcalcium, Chlorcalcium oder einem Gemenge dieser, ebenso Briegleb***; Forchhammer† schmolz dreibasisch phosphorsauren Kalk in einem Ueberschuss von Kochsalz mit demselben Erfolge, H. Sainte-Claire Deville und Caron†† bedienten sich des Chlorcalciums als Solvens. — Wichtig für die Erklärung der auf Klüften von Eruptivgesteinen (Capo di Bove) aufgewachsenen Filze von Apatitnadeln ist der Versuch von Debray†††, welcher den Apatit dadurch erhielt, dass er Dämpfe von Salzsäure über rothglühenden dreibasisch phosphorsauren Kalk hinleitete. — Die Darstellung des Apatit aus geschmolzenen Silikatmagmen ist bisher nicht gelungen.

Alunit.

Der Alunit bildet kleine rhomboëdrische Krystalle (Polkante = 89° 10′) oder tafelförmige Individuen oR . R (0001) . x (10$\bar{1}$1), die sich mannichfach aggregiren und oft mit Quarz durchwachsen sind. Auch blättrige Aggregate sind nicht selten.

Spaltbarkeit nach oR (0001) sehr deutlich. H. = 3.5—4.

Farblos durchsichtig. Brechungsvermögen schwach. Doppelbrechung positiv und nicht unbeträchtlich. Nach A. Michel-Lévy und A. Lacroix*† ist $\omega = 1.572$, $\varepsilon = 1.592$, $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.579$, $\varepsilon - \omega = 0.020$ (Allumiere).

Sp. G. = 2.6—2.8. Chemische Zusammensetzung $K(H_2O_2Al)_3(SO_4)_2$. Schwefelsäure und Kalilauge lösen den Alunit langsam auf.

* C. R. 1851. XXXII. 625.
** Ann. Chem. Pharm. LXXXII. 388.
*** Ann. Chem. Pharm. XCVII. 95.
† Ann. Chem. Pharm. XIV. 77.
†† C. R. XLVII. 985.
††† C. R. 1864. LIX. 42.
*† Minéraux des roches. Paris. 1888. 140.

Salzsäure ist ohne Wirkung. Nach dem Glühen zieht Wasser aus dem Mineral Alaun aus und lässt Aluminiumhydroxyd zurück.

Der Alunit ist ein Zersetzungsproduct der Feldspathe saurer Ergussgesteine (Liparite, Trachyte, Dacite, Andesite) unter der Einwirkung von Solfataren. Er wird daher stets begleitet von Quarz, oft von Diaspor und etwas Kaolin. Berühmt sind die Vorkommnisse von Tolfa bei Civitavecchia, von Muszay und Beregh-szasz in Ungarn, von der Insel Milo und vom Mont Dore. Auffallend reich und rein ist das von Whitman Cross* beschriebene Auftreten am Democrat Hill und Mount Robinson in den Rosita Hills, Col., U. S. A.

Nephelin und Eläolith.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 217.

F. W. Clarke, The minerals of Litchfield, Maine. Amer. Journ. 1886. XXXI. 262.

H. Rosenbusch, Der Nephelinit vom Katzenbuckel. Freiburg i. B. 1869. 46—59.

F. Zirkel, Mikroskopische Untersuchungen über die Zusammensetzung und Structur der Basaltgesteine. Bonn. 1870. 38.

— Ueber die mikroskopische Zusammensetzung der Phonolithe. Pogg. Ann. 1867. CXXXI. 303.

Nephelin und Eläolith verhalten sich zu einander ähnlich, wie Sanidin und Orthoklas. Der erstere umfasst die glasigen farblosen Vorkommnisse der jüngeren vulkanischen Gesteine, der letztere die derben, meistens etwas gefärbten (grünlichen, bräunlichen, röthlichen, grauen) Vorkommnisse in den Tiefengesteinen und ihren pegmatitischen Gangbildungen. Nach Substanz und allen wesentlichen physikalischen Eigenschaften identisch, unterscheidet man dennoch beide Mineralien mit Recht wegen ihres verschiedenen Habitus und ihrer verschiedenen geologischen Stellung.

Nephelin und Eläolith erweisen sich in den Gesteinen z. Th. als rundum ausgebildete kurz prismatische bis dicktafelförmige Krystalle von der Form ∞P (10$\bar{1}$0) . oP (0001), deren Basiskanten gelegentlich durch schmale Flächen von P (10$\bar{1}$1) und deren vertikale Kante sehr selten durch $\infty P2$ (11$\bar{2}$0) abgestumpft werden. Der Randkantenwinkel der Pyramide ist 88° 10′. Die Individuen des Nephelin sind im Allgemeinen, entsprechend der Korngrösse der sie enthaltenden Gesteine, bedeutend kleiner, als diejenigen des Eläolith. Doch sinkt auch letzterer zu mikroskopischen Di-

* Amer. Journ. 1891. XLI. 466.

mensionen herab. Die Umrisse sind natürlich hexagonal parallel der Basis, kurz rectangulär bis quadratisch mit gelegentlicher Abstumpfung der Ecken in Längsschnitten. Dem Eläolith fehlt äussere krystalline Begrenzung oft mehr oder weniger vollständig, wie dieses bei körnigen Gesteinen natürlich ist, der Nephelin tritt seltener derbe auf. Die Umgrenzung wird dann für beide von den vor ihnen ausgeschiedenen Gesteinsgemengtheilen geliefert und hat nichts Charakteristisches.

Die Spaltbarkeit nach ∞P (10$\bar{1}$0) und oP (0001) ist bei dem glasigen Nephelin, wie bei dem derben Eläolith in hinreichend dünnen Schliffen stets durch Spaltrisse mikroskopisch ausgedrückt. Sobald eine chemische Veränderung mit diesen Mineralien vorgeht, wird die Spaltbarkeit dadurch wahrnehmbar, dass die Umänderung längs den Spaltflächen fortschreitet und auf diesen sich also zuerst die Umwandlungsproducte zeigen. Auch durch die nach Prisma und Basis geordneten Interpositionen, welche die Continuität der Mineralsubstanz unterbrechen und dadurch den chemischen Agentien die Wege weisen, tritt die Spaltbarkeit deutlicher hervor.

Der Nephelin und Eläolith werden farblos durchsichtig, ihr Brechungsexponent stimmt sehr nahe mit demjenigen des Canadabalsam überein und die Doppelbrechung ist schwach. Daher der Mangel jeden Reliefs bei diesen Mineralien im Dünnschliff, ihre niedrigen Interferenzfarben (graublau bis höchstens weiss der ersten Ordnung). Zumal der niedrige Brechungsexponent ist zur Unterscheidung von Apatit mit Vortheil zu verwenden. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Am Nephelin des Vesuv bestimmten J. E. Wolff $\varepsilon_{na} = 1.5376$, $\omega_{na} = 1.5416$, M. E. Wadsworth $\varepsilon_{na} = 1.5378$, $\omega_{na} = 1.5427$, am Eläolith von Hot Springs, Arkansas, fand S. Penfield $\varepsilon_{na} = 1.5422$, $\omega_{na} = 1.5469$. Darnach $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.540—1.546$. $\omega - \varepsilon = 0.0040—0.0049$. Im convergenten Lichte erhält man im Dünnschliff nur ein breites Kreuz ohne alle Ringe. Im parallelen Lichte ist die Doppelbrechung der sehr mikroskopischen Individuen, zumal der Tephrite, oft ohne Anwendung von Gypsblättchen oder Quarzkeil gar nicht wahrnehmbar.

Das specifische Gewicht schwankt von 2.55—2.61 und ist beim Eläolith gewöhnlich etwas höher als beim Nephelin, wahrscheinlich in Folge ihrer verschiedenen Interpositionen. Dasselbe liegt also zwischen demjenigen der triklinen und orthotomen Feldspathe und ermöglicht dadurch die Isolation des Minerals in den Gesteinen. —

Die chemische Zusammensetzung wird gewöhnlich angegeben als $Na_8 Al_8 Si_9 O_{34}$, doch sprechen manche Erwägungen für die einfachere Formel $NaAlSiO_4$. Ein kleiner Theil des Na (etwa $^1/_4$) wird durch K vertreten; auch geben die Analysen einen sehr kleinen Gehalt an Ca. Nephelin und Eläolith gelatiniren verhältnissmässig leicht und rasch mit Salzsäure, doch schwerer als die Mineralien der Sodalithgruppe. Dieser Gelatination und der Tinctionsmethode (S. 219) bedient man sich mit bestem Erfolg zur Erkennung und Bestimmung des Nephelin und Eläolith unter dem Mikroskop; der Mangel des Kalks in der Lösung schützt vor Verwechslung mit Melilith.

Der Eläolith besitzt überaus oft mikroskopische Interpositionen von Aegirin- oder Amphibolnädelchen, von Fluorit, Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse. In den Flüssigkeitseinschlüssen sind gelegentlich Würfel von NaCl ausgeschieden. Die grüne Farbe rührt bei den norwegischen Eläolithen nicht, wie Zirkel glaubte, von Hornblende, sondern nach Brögger von einem chloritähnlichen Mineral her, welches hexagonale Blättchen mit guter basaler Spaltbarkeit bildet und stark pleochroitisch ist, O grün, E gelblich. Er möchte wohl auch an Stilpnomelan denken. — Die rothen und braunen Farben sind auf Eisenhydroxyde und Hämatit zurückzuführen. — Der Nephelin hat ebenfalls einen grossen Reichthum von Einschlüssen, unter denen Augitmikrolithe, Flüssigkeits-, Gas- und Glaseinschlüsse, sämmtlich von winzigsten Dimensionen und oft kaum mit Sicherheit bestimmbar, besonders verbreitet sind. In beiden Mineralien ist die Anordnung der Interpositionen meistens eine zonare (Taf. XV Fig. 6); dabei sind oft nur einige randliche Zonen vorhanden. Seltener trifft man centrale Anhäufung.

Eläolith und Nephelin werden sehr leicht in Zeolithe umgewandelt. Dabei scheint man zwei Vorgänge nach Brögger's Beschreibungen unterscheiden zu müssen. Bei dem ersten trat zunächst eine Auflösung und Fortführung von Eläolith ein, später ein Neuabsatz von Substanz, wie die Natur der Grenzlinien deutlich erkennen lässt. Unter den meistens deutlich in concentrischen Schalen sich folgenden Neubildungen spielen Analcim und Sodalith die Hauptrolle; neben ihnen findet sich Hydronephelit, Natrolith, Thomsonit, Aegirin. Das wären also eigentliche Ausfüllungspseudomorphosen. — Eine zweite Art kann man direct als Umwandlungspseudomorphose bezeichnen. Das Umwandlungsproduct ist im Ganzen selten Analcim, häufiger Natrolith, am weitaus häufigsten

Hydronephelit oder Ranit. Die letztgenannten Zeolithe bilden verworren blättrig-körnige bis blättrig-stenglige Aggregate von ganz spreusteinartigem Habitus (Hydronephelitspreusteine Brögger's). Natrolith, Thomsonit, Diaspor, Hydrargillit sind oft in kleinen Mengen beigemengt. — Mit solcher Umwandlung des Nephelin und Eläolith in fasrige Zeolithe beschäftigt sich eine Arbeit von C. von Eckenbrecher*. — Die echte Umwandlungspseudomorphose von Analcim nach Nephelin ist besonders in Theralithen und gewissen Teschenite verbreitet.

Die Umwandlung von Eläolith und Nephelin in Sodalith wurde schon von J. Strüver** und R. Blum*** beschrieben, von J. Lemberg† künstlich nachgeahmt.

Während die Zeolithisirung von Nephelin und Eläolith im Allgemeinen wohl durch die Einwirkung heissen Wassers und bald nach der Verfestigung der Gesteine stattfand, entstehen durch den Angriff der gemeinen Atmosphärilien aus ihnen Muscovit und Kaolin. Solche Pseudomorphosen von dichtem Muscovit nach Eläolith sind die unter dem Namen Liebenerit†† und Gieseckit bekannten Substanzen von Predazzo und aus Grönland.

Der Nephelin ist nur in eruptiven Gesteinen bekannt und kommt hier bald mit Sanidin in den Phonolithen, wo ihn zuerst Jenzsch††† mikroskopisch beobachtete, aber allerdings offenbar z. Th. mit Hauyn verwechselte, und Leucitophyren*†, mit triklinen Feldspathen in den Theralithen und Tephriten, ohne Feldspath in den Nephelinbasalten und Nepheliniten, mit Leucit in den Leucitbasalten und Leucititen vor. Die älteren Angaben von v. Richthofen und Zirkel über das Auftreten des Nephelin in Trachyten, Andesiten, Melaphyren und Augitporphyren dürften auf Verwechslung mit Apatit oder Tridymit beruhen. — Brush und E. Dana**† wiesen einen Lithionnephelin (Eucryptit) als Umwandlungsproduct von Spodumen nach.

Der Eläolith tritt mit Orthoklas zusammen als wesentlicher

---

* T. M. P. M. 1880. III. 1.

** Atti R. Accad. Torino. 1872.

*** Pseudomorphosen, 4. Nachtrag. Heidelberg. 1879. 34.

† Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 602.

†† cf. F. Zirkel l. c. L. J. 1868. 719.

††† Z. D. G. G. 1856. VIII. 184.

*† G. vom Rath, Skizzen aus dem vulkanischen Gebiet des Niederrheins. Z. D. G. G. 1860. XII. 35. 41.

**† Amer. Journ. 1880. XX. 259.

Gemengtheil der Eläolithsyenite auf und kommt nach Wiik*, sowie nach W. Ramsay und H. Berghell** am Berge Jivaara in Finnland auch ohne Feldspath gesteinsbildend vor. Mit seiner Mikrostructur beschäftigte sich wohl zuerst Th. Scheerer***, später Zirkel† und alle Autoren, welche die Eläolithsyenite behandelten. Accessorisch erscheint der Eläolith in den südnorwegischen Augitsyeniten. — Zu betonen ist die Häufigkeit der Vergesellschaftung des Nephelin und Eläolith mit den Mineralien der Sodalithgruppe. Allenthalben folgt in den Eruptivgesteinen die Bildung von Nephelin und Eläolith der Ausscheidung der Bisilikate und des Glimmers und geht gemeiniglich oder doch in der ersten Generation der Feldspathbildung voraus. Wo Mineralien der Sodalithgruppe mit ihnen zusammen primär vorkommen, da sind diese die älteren Ausscheidungen.

Vor der Verwechslung des Nephelin und Eläolith mit Orthoklas, Quarz, Sodalith, Hauyn, Melilith, Skapolith und Apatit bewahrt unschwer die optische und chemische Untersuchung.

Der Nephelin krystallisirt leicht aus dem Schmelzfluss und wurde zuerst von Fouqué und Michel-Lévy†† dadurch dargestellt, dass sie seine Bestandtheile zusammenschmolzen und längere Zeit in Rothgluth hielten. Nach derselben Methode wurden die synthetischen Versuche von Bourgeois††† und C. Dölter*† über die Nephelinbildung ausgeführt. — Hautefeuille**† erhielt den Nephelin in messbaren Krystallen der Form ∞P (10$\bar{1}$0) oP (0001) durch Auflösung seiner Bestandtheile in geschmolzenem Natriumvanadinat und Krystallisation bei hoher Temperatur. — Ch. und G. Friedel***† erhielten kalireiche Nepheline durch Einwirkung von Aetzkali auf Muscovit.

---

* Finska. Vet. Soc. Förhdlg. 1883. XXV.

** G. F. i St. Förhdlg. 1891. XIII. 300.

*** Pogg. Ann. 1863. CXIX. 145.

† L. J. 1870. 810.

†† C. R. 1878. LXXXVII. 961; 1880. XC. 698 und Bull. Soc. min. Fr. 1879. II. 116 u. 1880. III. 118.

††† Ann. de physique et de chimie. 1883. (5.) XIX.

*† Z. X. 1884. IX. 321.

**† Ann. de l'Ecole norm. supér. 1880. IX.

***† Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 129.

Cancrinit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 239.

F. W. Clarke, The minerals of Litchfield, Maine. Amer. Journ. 1886. XXXI. 262.

A. Koch, Petrographische und tektonische Verhältnisse des Syenitstockes von Ditró in Ostsiebenbürgen. L. J. B.-B. I. 1881. 144.

H. Rauff, Ueber die chemische Zusammensetzung des Nephelins, Cancrinits und Mikrosommits. Z. X. 1878. II. 456–468.

A. E. Törnebohm, Om den s. k. Fonoliten från Elfdalen, dess klyftort och förekomstädt. Geol. Fören. i Stockholm Förhdl. 1883. VI. No. 80. 383.

Der Cancrinit bildet als Gesteinsgemengtheil theils langsäulenförmige Krystalle mit den Flächen ∞P (10$\bar{1}$0) . P (10$\bar{1}$1), theils und zwar häufiger stabförmige Individuen, welche nur in der Prismenzone krystallographische Begrenzung zeigen, theils regellos begrenzte Körner, deren Umrisse von der Form der übrigen Gesteinsgemengtheile abhängen. Törnebohm fand den Winkel von der Pyramide zum Prisma in anscheinend zur Hauptaxe parallelen Schnitten zu 116° im Maximum und schliesst daraus auf einen Mittelkantenwinkel der Pyramide von 52° ungefähr. Auf das Axensystem des Nephelin bezogen, hätte diese Pyramide nahezu das Symbol $\frac{1}{2}$P (10$\bar{1}$2), deren Randkantenwinkel etwa 51° sein würde. Nimmt man die Pyramide mit dem Randkantenwinkel von 52° zur Grundpyramide des Cancrinit, so ist für diesen a : c = 1 : 0.441. Nahe hiermit übereinstimmend fand Brögger an Krystallen von Barkevik den Winkel zwischen Pyramide und Prisma zwischen 114° und 120° liegend, im Mittel zu 116° 59′. Daraus berechnet sich das Axenverhältniss a : c = 1 : 0.360. — Bei gesetzmässiger Begrenzung müssen die Querschnitte hexagonal, die Längsschnitte leistenförmig sein, gelegentlich mit einem stumpfen Kantenpaar am Ende der Hauptaxe.

Die Spaltbarkeit nach ∞P (10$\bar{1}$0) tritt mikroskopisch durch deutliche und scharfe Spaltrisse hervor, sowohl in Quer-, wie in Längsschnitten; ebenso weisen in den Längsschnitten zu der vertikalen Axe senkrechte Risse auf eine deutliche Spaltbarkeit nach oP (0001). Eine unvollkommene Spaltung scheint nach ∞P2 (1120) zu verlaufen.

Im frischen Zustande ist der Cancrinit wasserhell durchsichtig. Der Brechungsexponent ist niedriger als bei Canadabalsam, die Doppelbrechung negativ und bedeutend stärker als bei Nephelin. Die Interferenzfarben in Dünnschliffen liegen im Allgemeinen vom

Orange der ersten Ordnung nach aufwärts und sind denen der Skapolithe ähnlich. Die Brechungsexponenten bestimmte Osann am Cancrinit von Miask zu $\varepsilon_\varrho = 1.4955$, $\omega_\varrho = 1.5244$. Daraus $\frac{2\omega + \varepsilon}{3}$ $= 1.5148$, $\omega - \varepsilon = 0.0289$. — Querschnitte geben im convergenten Lichte ein scharfes Kreuz nebst Ring.

Das specifische Gewicht schwankt um 2.45 und erleichtert in hohem Maasse die mechanische Trennung von den begleitenden Mineralien. — Die chemische Zusammensetzung ist nach den Analysen von Rauff $= H_6 Na_8 Ca_2 Al_8 Si_9 C_2 O_{43}$, nach denen von Clarke $H_6 Na_8 Ca Al_8 Si_8 C_2 O_{40} = H_6 Na_8 Ca Al_8 (Si O_4)_8 (C O_4)_2$. Schon mit kalter Salzsäure lässt sich der Cancrinit unter Ausscheidung von gelatinöser Kieselsäure und Entwicklung von Kohlensäurebläschen zersetzen; die Entweichung der letzteren wird recht stürmisch bei Anwendung von warmer Säure. Sie findet an allen Punkten des Minerals zugleich statt. Das Carbonat ist sicher nicht mechanisch beigemengt, sondern bildet einen integrirenden Bestandtheil der Substanz. Dass der Cancrinit durch Glühen des Dünnschliffs trübe wird und sich dadurch von Nephelin unterscheiden lässt, giebt Cohen* an.

Der Cancrinit hat keine constante Mikrostructur; bisweilen vollkommen interpositionsfrei, umschliesst er in andern Fällen die Einschlüsse des Eläolith, zumal gern Nadeln der Pyroxenmineralien, welche dann mit ihrer Längsrichtung parallel der Hauptaxe geordnet sind. — Die rothe und gelbe Farbe mancher Vorkommnisse ist durch eingelagerte Blättchen von Hämatit bedingt. In dem Cancrinit des Langesund verschwindet die Färbung beim Glühen, Brögger hält hier das Pigment für organisch. — Die Umwandlungsprocesse des Cancrinit verlaufen analog denen im Eläolith.

Der Cancrinit ist bisher nur in Eläolithsyeniten (Miask, Brevig, Brasilien, Kola, Beemerville, Litchfield u. s. w.) als Begleiter des Eläolith und Sodalith bekannt. In den von Törnebohm (l. c.) beschriebenen Vorkommnissen von Särna in Dalekarlien, die er als Cancrinit-Aegirin-Syenit, Cancrinit-Nephelin-Aegirin-Syenit und Nephelin-Aegirin-Syenit bezeichnet, scheint er das Nephelinmineral z. Th. vollständig zu ersetzen.

Ueber eine künstliche Darstellung des Cancrinit liegen bisher keine Nachrichten vor.

---

* L. J. 1883. II. -370-.

Turmalin.

Der Turmalin bildet in manchen Gesteinen wohl und allseitig umgrenzte säulenförmige Krystalle mit oft sehr deutlich hemimorpher Ausbildung; an dem einen Pol pflegt dann nur R $\varkappa(10\bar{1}1)$ mit dem Polkantenwinkel 133° 10′—133° 20′, seltener abgeleitete Rhomboëder $-\frac{1}{2}$R $\varkappa(01\bar{1}2)$ und -2R $\varkappa(02\bar{2}1)$, an dem andern Pol die Basis, in der vertikalen Zone bald nur ∞P2 (11$\bar{2}$0), bald auch noch das dreiflächige ∞R (10$\bar{1}$0) aufzutreten. Die Querschnitte sind dann regelmässige Hexagone oder Hexagone mit alternirend gerade abgestumpften Ecken, die Längsschnitte leistenförmig. — Häufiger erscheint jedoch der Turmalin in stengligen Individuen ohne scharfe Krystallausbildung und in büschelförmigen oder schön radialstengligen Aggregaten; die Querschnitte einzelner Individuen sind dann unregelmässig rundlich. — Seltener nimmt er die Form regelloser Körner an. — Schaliger Bau, wobei die Verschiedenfarbigkeit des Kernes und der Schalen deutlich auf eine isomorphe Schichtung hinweist, ist recht verbreitet; dabei gehen die Schalengrenzen parallel den vertikalen Flächen. Seltener wechseln die Schalen horizontal und noch seltener findet man ein durch seine Farben sich von der Hauptmasse des Individuums abhebendes Axenkreuz.

Eine Spaltbarkeit lassen die Turmaline nicht mikroskopisch erkennen, dagegen sind regellose Quer- und Längssprünge sehr verbreitet, zumal in den grösseren Individuen.

Der Turmalin ist in den Gesteinen wohl niemals vollkommen farblos, sondern stets farbig durchsichtig. Allerdings wechseln die Farben ausserordentlich nach Art und Intensität. Gelbe, braune, grüne, röthliche, besonders violettblaue Töne dürften im durchfallenden Lichte am häufigsten auftreten. Der Brechungsexponent ist von mittlerer Höhe, die Doppelbrechung ziemlich stark und negativ. Des Cloizeaux fand an einem aus blauen und grünen Schalen bestehenden Krystall für beide gleichmässig $\varepsilon_\varrho = 1.6240$, $\omega_\varrho = 1.6444$, Miklucho-Maclay an einem farblosen Turmalin von Elba $\varepsilon_{na} = 1.6208$, $\omega_{na} = 1.6397$. Danach $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.6376$—$1.6667$, $\omega-\varepsilon = 0.0189$—$0.0204$. Das Relief der Durchschnitte gegenüber den farblosen Gesteinsgemengtheilen ist deutlich wahrnehmbar, die Oberfläche erkennbar runzelig. Die Querschnitte geben ein scharfes Interferenzkreuz mit deutlich bestimmbarem negativem Charakter. — Der Pleochroismus des Turmalin ist um so stärker, je tiefer die Farbe desselben ist, aber selbst bei recht hellgefärbten Individuen

deutlich erkennbar. Immer ist die Absorption für den ordentlichen Strahl stark, für den ausserordentlichen schwach. Die Farben wechseln mit der Körperfarbe. Aehnlich starke Absorptionsunterschiede zeigen nur noch die dunklen Glimmer und die Amphibole in den Gesteinen und diese sind durch ihre Spaltbarkeit leicht zu unterscheiden. — Pleochroitische Höfe um Zirkon- und Rutileinschlüsse beschreibt H. Traube* im Turmalin eines Turmalingranits von Striegau; sie verschwinden leicht beim Glühen.

Optische Anomalien, welche sich jedoch nur bei den Querschnitten und besonders im convergenten Lichte durch den Zerfall des Interferenzkreuzes in Hyperbeln mit sehr wechselndem Abstand ihrer Pole documentiren, sind bei den Turmalinen nicht selten wahrnehmbar. Es scheint, dass ganz vorwiegend die isomorph geschichteten Individuen diese Anomalien besitzen. Dieselben wurden bereits von Jenzsch** besprochen und Mallard*** leitet daraus auch für den Turmalin eine pseudohexagonale, in Wirklichkeit rhombische Symmetrie ab.

Das specifische Gewicht wechselt mit der chemischen Zusammensetzung von 3.0—3.24 und steigt mit der Zunahme der zweiwerthigen Metalle. Die chemische Zusammensetzung ist eine sehr schwankende und lässt sich nach Wülfing's Berechnung der Riggs'schen Analysen deuten durch die Annahme isomorpher Mischungen der folgenden Borosilikate:

$$H_8Na_4\ Al_{16}Bo_6Si_{12}O_{68}$$
$$H_8Mg_{12}\ Al_{16}Bo_6Si_{12}O_{68}$$
$$H_8Fe_{12}\ Al_{16}Bo_6Si_{12}O_{68}$$

worin an der Stelle von Na auch Li und K, an der von Fe auch Mn stehen kann. — Der Turmalin wird von Säuren, selbst von Flusssäure, nicht angegriffen und ist daher auch in kleinen Quantitäten leicht auf chemischem Wege aus den Gesteinen zu isoliren. Man erhält ihn dann eventuell mit Rutil, Spinell, Granat, Zirkon, Andalusit, Sillimanit u. s. w. gemengt, die Trennung von diesen Substanzen lässt sich leicht durch die Klein'sche Lösung, eventuell unter Zuhilfenahme magnetischer Trennungsmethoden bewirken. Zur chemischen Identificirung des Turmalin bedient man sich mit Vortheil des Nachweises des für ihn so charakteristischen Borsäuregehaltes, welcher am besten durch Anwendung der sog. Turner'-

* L. J. 1890. I. 186.

** L. J. 1862. 188.

*** Explications des phénomènes optiques anomaux etc. Paris. 1877. 96.

schen Probe (der Turmalin wird in eine Perle von Flussspath und Kaliumbisulfat eingetragen) durch die Flammenfärbung dargethan wird.

Eine bestimmte Mikrostructur, welche zur Diagnose verwerthet werden könnte, besitzt der Turmalin nicht. Er umhüllt wohl gelegentlich Theile der mit ihm vergesellschafteten Mineralien oder Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse, unter denen Bryson* auch liquide Kohlensäure (bei granitischen Turmalinen) fand, aber irgend welche Constanz ist in dieser Hinsicht nicht vorhanden.

Als accessorischer Gemengtheil ist der Turmalin in der Schörlform in den körnigen und sauren Tiefen- und Ganggesteinen (Granit, Syenit, Diorit) vorhanden. Bei den Massiven dieser tritt er zumal an der Peripherie und in der Nähe von Klüften und Gängen auf. Wo diese Gesteine Gänge bilden, ist er öfter durch die gesammte Gesteinsmasse vorhanden. Besonders häufig ist er in den greisenartigen Modificationen der Granite und kann hier, wenn er Körner oder strahlige Aggregate bildet, mit Cassiterit verwechselt werden. Zur Unterscheidung dient im Dünnschliffe die Verschiedenheit im Brechungsvermögen, in der Doppelbrechung und im optischen Charakter. — Ebenso ist er kein seltener Gast in den Contactzonen von Schiefern an Graniten, ja er häuft sich hier local so an, dass eigenartige Turmalinhornfelse** (Schörlfelse) entstehen, wie bei Hohwald in den Vogesen, am Auersberg bei Eibenstock im Erzgebirge, vielfach in Cornwall, vorzüglich entwickelt in den White Mountains*** bei Albany, N. H., und an anderen Orten. Recht selten tritt der Turmalin in den älteren porphyrischen sauren Ergussgesteinen (Quarzporphyren und Quarzporphyriten) auf; den entsprechenden jüngeren Laven scheint er nahezu vollständig zu fehlen. — Die ganze Art dieser Vorkommnisse in Eruptivgesteinen und ihren Contacthöfen weist nicht auf eine directe Ausscheidung aus den Eruptivmagmen, sondern auf eine Bildung des Turmalin durch Einwirkung fluor- und borhaltiger Fumarolen auf das Eruptivgestein, zumal auf dessen Feldspath und Glimmer, und seine Umgebung hin.

Sehr allgemein ist der Turmalin in einzelnen, meist sehr scharf

---

* L. J. 1862. 370.

** H. Rosenbusch, Die Steiger Schiefer und ihre Contactzone an den Granititen von Barr-Andlau und Hohwald. Strassburg. 1877. 160 sqq.

*** G. W. Hawes, The Albany Granite and its contact phenomena. Amer. Journ. 1881. XXI. 21—32.

begrenzten Krystallen in den quarz- und feldspathhaltigen Gliedern der Formation der krystallinen Schiefer, Gneissen, Granuliten, Hälleflinten u. s. w. vorhanden, wie dieses besonders A. E. Törnebohm* darthat. Ebenso häufig und mit der gleichen Form begegnet man ihm in der Phyllitformation, wie dieses Zirkel** u. A. beobachteten, und in den Thonschiefern (Taf. XIV Fig. 4). Hier ist besonders die Heimath des zwischen grau- oder blauviolett und farblos dichroitischen, deutlich hemimorphen Typus. Pleochroitisch zwischen dunkelbraunroth für O und hellgrüngelb für E fand A. Osann (Mitth. d. bad. geol. Landesanstalt 1892. II. 377) den Turmalin in den Graphitschiefern der Gneissformation bei Schriesheim a. d. B. — Bei der schweren Angreifbarkeit des Turmalin entgeht derselbe der eigentlichen Zersetzung und geräth unversehrt in den Detritus dieser Felsarten, wobei die überaus winzigen Dimensionen der Kryställchen sie vor mechanischer Deformation schützen, und somit auch in die aus derartigem Detritus neugebildeten klastischen Gesteine. So beschrieb ihn Wichmann*** aus losen Sanden, hält ihn aber darin für authigen, E. E. Schmid† aus Sandsteinen unter dem Namen Mikroschörlit, R. Credner†† aus Schieferthonen und Thonen. Welche Processe die Bildung des Turmalin in den krystallinen Schiefern und Phylliten bedingten, lässt sich bisher mit Sicherheit nicht angeben.

Umwandlungs- und Zersetzungsvorgänge sind an den gesteinsbildenden Turmalinen wohl kaum bekannt; ebenso dürften die bei aufgewachsenen und in pegmatitischen Ausscheidungen eingeschlossenen Perimorphosen von Turmalin mit Quarzaxen innerhalb der Gesteine wohl nicht beobachtet worden sein.

Ueber künstliche Darstellung von Turmalin liegen keine Angaben vor.

Eudialyt und Eukolit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 498—507.

W. Ramsay, Geologische Beobachtungen auf der Halbinsel Kola. Helsingfors. Fennia III. No. 7. 42. 1890.

* Geol. Fören. i Stockholm Förhdlg. 1876. III. No. 34. 218—219.

** L. J. 1875. 628.

*** L. J. 1880. II. 294.

† Z. D. G. G. 1876. XXXVIII. 95.

†† Die krystallinen Gemengtheile gewisser Schieferthone und Thone. Zeitschr. Naturwissensch. Halle a. S. 1876. XLVII.

J. Francis Williams, Eudialyte and Eucolite, from Magnet Cove, Arkansas. Amer. Journ. 1890. XL. 457.

Der Eudialyt, sowie der Eukolit bilden entweder Krystalle von sehr wechselnden Dimensionen, die jedoch selten rein mikroskopisch werden, und herrschend die Formen oR (0001), R $\varkappa$ (10$\bar{1}$1), $-\frac{1}{2}$R $\varkappa$ (01$\bar{1}$2), ∞P2 (11$\bar{2}$0) erkennen lassen, während die Formen $\frac{1}{4}$R $\varkappa$ (10$\bar{1}$4) und ∞R (10$\bar{1}$0) untergeordnet auftreten, oder Körner mit unvollkommener krystallographischer Begrenzung. Der Polkantenwinkel von R beträgt 73° 30′.

Die Spaltbarkeit nach oR (0001) ist auch mikroskopisch deutlich erkennbar, während die unvollkommeneren Blätterdurchgänge nach $\frac{1}{4}$R $\varkappa$ (10$\bar{1}$4) und ∞P2 (11$\bar{2}$0) seltener zur Erscheinung gelangen.

Die Farbe des Eudialyt und Eukolit ist roth in verschiedenen Tönen von kirschroth, pfirsichblüthroth, gelbroth, rosa bis fast farblos. Die optischen Bestimmungen am Eukolit und Eudialyt geben etwas verschiedene Resultate, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht.

Eukolit Langesund . . .	$\omega = 1.6205$	$\varepsilon = 1.6178$	$\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.6163$	$\omega-\varepsilon = 0.0027$	Brögger
Eudialyt Grönland . . .	$\omega_{li} = 1.6042$	$\varepsilon_{li} = 1.6060$	$\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.6090$	$\omega-\varepsilon = 0.0018$	Wülfing*
	$\omega_{na} = 1.6084$	$\varepsilon_{na} = 1.6102$			
	$\omega_{tl} = 1.6120$	$\varepsilon_{tl} = 1.6142$			
Eudialyt Kola	$n_{roth} = 1.6018$				
	$n_{na} = 1.6057$				Ramsay**
	$n_{tl} = 1.6094$				

Darnach ist der Eudialyt optisch positiv, der Eukolit optisch negativ, wie schon Des Cloizeaux erkannte. Der Eukolit ist stärker licht- und doppelbrechend, als der Eudialyt. Dass die beiden Mineralien isomorphe Mischungen bilden, bei denen die Doppelbrechung stellenweise positiv, stellenweise negativ, beziehungsweise anscheinend = 0 ist, entdeckte Ramsay. An einem solchen äusserst schwach doppelbrechenden Eudialyt von Kola liessen sich die beiden Bilder nicht trennen, daher die einfachen Brechungsexponenten Ramsay's. — Die isotropen Partien bilden gewöhnlich auf den Basisflächen

* Die Bestimmungen von Wülfing wurden an einem Prisma ausgeführt, dessen eine Fläche 0° 6′ nach oben, die andere 0°12′ nach unten von der richtigen Lage abwich. Der mögliche Fehler beträgt für die Bestimmung im Li- und Na-Licht -0.0002 bis $+0.0003$ für Tl $+0.0005$.

** Gleichmässig an zwei verschieden orientirten Prismen.

stehende, in die grossen Individuen eingefügte halbe Rhomboëder, die negativen Partien erscheinen als unregelmässige Fetzen in den isotropen und positiven Theilen oder als randliche Umhüllungen der letzteren.

Der Pleochroismus ist nicht stark und nur in dickeren Präparaten wahrnehmbar, die Absorption bei Eudialyt und Eukolit $O > E$.

Das specifische Gewicht des Eudialyt ist 2.804—2.833 in Arkansas, 2.849 in Kola, das des Eukolit = 3.01—3.10. — Die chemische Zusammensetzung ist bei beiden Mineralien sehr ähnlich und wird von Brögger z. Th. auf Grund neuer Analysen ausgedrückt durch die Formel $\overset{II}{R}_3 \overset{I}{R}_4 Zr(SiO_3)_7$, worin $\overset{II}{R} = Ca, Fe, Mn$ und zu kleinem Theile $\overset{III}{Ce}(OH)$, $\overset{I}{R} = Na, K, H$ und worin ein kleiner Theil der SiO_2 durch $ZrOCl_2$ vertreten wird. Auch ist ein Niobat in geringen Mengen beigemischt. Der Eudialyt ist etwas reicher an SiO_2 und ärmer an Mn und Cermetallen. — Beide Mineralien gelatiniren unschwer mit Salzsäure, was in zweifelhaften Fällen zur Unterscheidung von Granat benutzt werden könnte.

Die mikroskopischen Individuen pflegen recht frei von Einschlüssen zu sein, die grösseren Individuen umhüllen die mit ihnen vergesellschafteten Mineralien der Eläolithsyenite, sowie nicht selten Flussspath und auch Flüssigkeitseinschlüsse z. Th. in negativen Krystallen.

Der Eudialyt ist ein Gemengtheil gewisser Gesteine der Eläolithsyenitgruppe in Grönland, von wo ihn zuerst Vrba* mikroskopisch beschrieb, und auf der Halbinsel Kola; der Eukolit findet sich auf den pegmatitischen Gängen der Augit- und Eläolithsyenite des Langesund. Von Magnet Cove beschreibt J. Francis Williams beide Mineralien.

Hydronephelit und Ranit.

Literatur.

F. W. Clarke, The minerals of Litchfield, Maine. Amer. Journ. 1886. XXX. 265.
C. W. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 234. 636.

Der Hydronephelit wurde von Clarke und Diller als das Umwandlungsproduct der Eläolithe des Eläolithsyenits von Litchfield erkannt und beschrieben. Die Identität des Ranit mit dem

* Beiträge zur Kenntniss der Gesteine Südgrönlands. S. W. A. 1874. LXIX. Februar-Heft.

Hydronephelit that Brögger dar und erkannte ebenfalls den Ranit als das häufigste Umwandlungsproduct des Eläolith von Laaven im Langesund.

Krystalle von Hydronephelit und Ranit sind nicht bekannt; sie bilden Spreusteine, verworren blättrig-stenglige bis blättrig-körnige Aggregate in Pseudomorphosen nach Eläolith. Diller erkannte in basalen Schnitten drei Spaltrichtungen und schliesst daraus in Verbindung mit dem optischen Charakter auf hexagonales System. Brögger (G. F. i Stockholm Förhandl. 1887. IX. 272) bezeichnete früher das quadratische System als wahrscheinlich. In dem oben citirten Werke findet sich meines Wissens weder ein Widerruf, noch eine Bestätigung dieser Ansicht.

Die Einzelindividuen des Spreustein-ähnlichen Gemenges sind im Allgemeinen höchstens dreimal so lang als breit und zeigen eine deutliche Längsspaltung, der parallel die kleinste Elasticität und die Auslöschung liegt. Querschnitte sind isotrop und geben im convergenten Licht ein einaxiges Interferenzbild mit positivem Charakter. Die Spaltung ist nicht sehr deutlich in meinen Präparaten, scheint aber allerdings, wie auch gelegentliche fragmentare Umrisse, auf hexagonales System zu deuten.

Der Hydronephelit ist wasserhell durchsichtig, wenn hinreichend dünn, der Ranit oft durch einen unerkennbaren dunklen Staub getrübt, der auch im auffallenden Licht das Mineral graublau bis schwärzlich erscheinen lässt. Nach Brögger wird der Ranit durch Glühen gebleicht.

Das Brechungsvermögen und die Doppelbrechung sind sehr genau dieselben, wie bei Natrolith, also $\frac{2\omega+\varepsilon}{3} = 1.49$, $\varepsilon - \omega = 0.012$ ungefähr. Der Unterschied von Hydronephelit und Natrolith ist in den Querschnitten zu suchen, die dort einaxig, hier zweiaxig sind.

Sp. G. = 2.26 sehr nahezu. Chemische Zusammensetzung = $Na_2 H Al_2 Si_2 O_{12} + 3$ aq. Im Ranit ist ein gewisser Theil des Natron durch Kalk vertreten. Löst sich in Salzsäure und liefert beim Eindampfen Gallerte.

Das Mineral ist verbreitet als Zersetzungsproduct im Eläolith und Nephelin in Eläolithsyeniten und Phonolithen und ist nicht selten mit etwas Thomsonit, Aegirin und Diaspor verunreinigt.

Mineralien des rhombischen Krystallsystems.

Schnitte durch rundum gesetzmässig begrenzte Krystalle des rhombischen Systems, beziehungsweise die durch Spaltrisse in denselben gebildeten Figuren sind disymmetrisch, sobald sie zwei Axen parallel gehen, monosymmetrisch, sobald sie einer Axe parallel liegen und asymmetrisch, wenn sie alle Axen endlich schneiden. Fehlen unter den begrenzenden Flächen oder unter den Blätterdurchgängen die pyramidalen, so können die Durchschnitte scheinbar eine höhere Symmetrie besitzen, als ihnen in Wirklichkeit zukommt.

Pinakoïdale Spaltbarkeit liefert in allen Durchschnitten, die ihr nicht parallel liegen, parallele Liniensysteme, prismatische oder solche nach zwei Pinakoïden ergeben in den Durchschnitten, welche in der Zone dieser Spaltbarkeit liegen, parallele Risse, in allen andern sich schneidende Linien, Spaltbarkeit nach drei Pinakoïden oder nach einer Pyramide liefern in allen Schnitten durch sich schneidende Linien geschlossene Figuren.

Das Elasticitätsellipsoid der rhombischen Krystalle ist dreiaxig und die drei Axen desselben fallen mit den Krystallaxen zusammen. Demnach liegt die Ebene der optischen Axen stets in einem krystallographischen Hauptschnitt und die optischen Axen für Licht verschiedener Wellenlänge liegen symmetrisch um zwei der Krystallaxen zerstreut. Ist die Bissectrix des spitzen Winkels der optischen Axen die Richtung kleinster Elasticität (c), so nennt man den Krystall positiv; negativ heisst er, wenn die Axe grösster Elasticität (a) diesen Winkel halbirt. — Schnitte senkrecht gegen eine optische Axe sind im parallelen Lichte zwischen gekreuzten Nicols in allen Stellungen gleich hell und geben im convergenten Lichte im Centrum des Gesichtsfeldes ein Axenbild (annähernd kreisförmige concentrische Curven mit einem dunklen Balken, welcher immer gestreckt ist, sobald die Axenebene mit einem Nicolhauptschnitte zusammenfällt). Bei Drehung des Präparats in seiner Ebene dreht

sich der Balken unter leicht hyperbolischer Krümmung. — Alle andern Schnitte werden zwischen gekreuzten Nicols im parallelen weissen Lichte viermal farbig hell und dunkel. Das Maximum der Dunkelheit tritt ein, sobald der Durchschnitt eines der Hauptschnitte, welche die Winkel der optischen Axen halbiren, mit dem Blättchen einem Nicolhauptschnitt parallel wird. Daher löschen die Schnitte aus den drei Hauptzonen parallel denjenigen Begrenzungslinien oder Spaltrissen aus, welche einer Krystallaxe parallel laufen. Das Maximum der Helligkeit liegt gegen diese Stellung um 45° geneigt. Im convergenten Lichte erhält man in Schnitten senkrecht zu einer Bissectrix ein dunkles Kreuz, dessen Arme das Gesichtsfeld symmetrisch halbiren, sobald die Ebene der optischen Axen mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt. Bei einer Drehung des Schliffs in seiner Ebene öffnet sich das Kreuz in Hyperbeln, deren Pole ihren Maximalabstand nach einer Drehung von 45° erreichen. Dieser Abstand ist ein Maass für den Winkel der optischen Axen. Das Interferenzbild ist disymmetrisch und die Farbenvertheilung giebt Aufschluss über die Art der Dispersion, $\varrho < v$ oder $\varrho > v$. Wie viel von dem Interferenzbild sichtbar sei, hängt ab von dem Winkel 2E oder 2H, je nachdem man in Luft oder Oel beobachtet. — Bei Schnitten, welche schief gegen eine optische Axe liegen, geht der Axenbalken, sobald er die gestreckte Lage erreicht, verlängert durch den Austrittspunkt der zweiten Axe. — Erblickt man das Interferenzbild um eine Bissectrix nicht im Centrum des Gesichtsfeldes, so liegt der Schnitt parallel einer Axe, wenn einer der Balken bei Kreuzstellung das Gesichtsfeld symmetrisch halbirt. Ist dieses nicht der Fall, so liegt der Schnitt endlich zu allen drei Axen.

Wenn rhombische Mineralien überhaupt Pleochroismus wahrnehmen lassen, so sind alle Durchschnitte dichroitisch, welche nicht senkrecht zu einer optischen Axe geführt wurden. Die Maxima der Farbenverschiedenheiten liegen um 90° auseinander und fallen zusammen mit den beiden Dunkelstellungen des Schnitts zwischen gekreuzten Nicols.

Brookit.

Literatur.

H. Thürach, Über das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanmineralien in den Gesteinen. Würzburg. 1884. 36—41.

Der Brookit erscheint in sehr kleinen nach $\infty P\infty$ (100) tafelförmigen Krystallen, die randlich am häufigsten von ∞P (110) und

$P\breve{2}$ (122) nebst oP (001) und $2P\breve{\infty}$ (021), seltener auch von einem $mP\infty$ (hol) und $\infty P\breve{\infty}$ (010) begrenzt werden. Die Tafelfläche ist parallel der Vertikalaxe gestreift; die Krystalle oft stark verzerrt und auch wohl zu zwillingsartigen oder regellosen Gruppen verbunden. Fig. 126 giebt einige solcher Brookitkryställchen nach Thürach wieder.

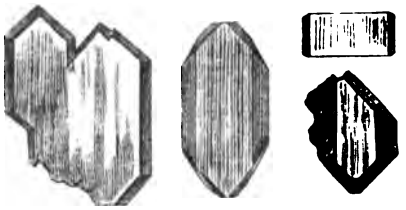


Fig. 126.

Die Spaltbarkeit geht nach $\infty P\breve{\infty}$ (010), ist aber an den losen Krystallen, welche zu mikroskopischer Beobachtung gelangen, selten wahrzunehmen.

Der Brookit ist je nach der Dicke der Blättchen mit gelber bis braunrother Farbe durchsichtig; im auffallenden Lichte zeigt er starken, etwas metallischen Diamantglanz und oft aschgraue Farbe. Selten ist er mit blauer oder grünlichblauer Farbe durchsichtig. Der hohe Brechungsexponent bedingt starke Totalreflexionen an den zur Mikroskopaxe schiefen Flächen und starkes Relief, sowie runzelige Oberfläche im Canadabalsam. E. Wülfing maass am Brookit von Tremadoc:

	α	β	γ
Li	= 2.5408	2.5448	2.6444
Na	= 2.5832	2.5856	2.7414
Tl	= 2.6265		

und $2V_\varrho = 23°14'$, $2V_{na} = 17°7'$. — Darnach ist $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 2.6367$ und $\gamma-\alpha = 0.1582$, $\beta-\alpha = 0.0024$, $\gamma-\beta = 0.1558$ für Na.

Die Doppelbrechung ist somit gering, wenn die Blättchen auf der Fläche (100) liegen, sehr stark bei Schnitten senkrecht zu dieser Fläche. — Die Bissectrix für alle Farben steht senkrecht auf der Tafelfläche, doch liegt die Ebene der optischen Axen für rothes und gelbes Licht parallel oP (001), für stärker brechbare Strahlen parallel $\infty P\breve{\infty}$ (010). Diese an jedem Blättchen im convergenten Lichte bei Anwendung von gefärbten Gläsern leicht zu beobachtende Thatsache ist eines der sichersten Erkennungsmittel dieses Minerals. Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv, also $a = c$. — Der Pleochroismus ist schwach für die parallel a und c schwingenden Strahlen, die Absorption für die ersteren stärker, als für die zweiten.

Das specifische Gewicht = 3.8—4.15. — Chemische Zusammensetzung TiO_2; Reactionen wie bei Rutil und Anatas.

Charakteristische Interpositionen besitzt der Brookit nicht; derselbe pflegt überhaupt meistens einschlussfrei zu sein.

In frischen Eruptivgesteinen und krystallinen Schiefern scheint der Brookit nicht eben häufig zu sein. Thürach beobachtete ihn besonders in zersetzten Graniten (Steinbach bei Fürth im Odenwald, Windeck bei Weinheim a. d. Bergstrasse, Burgfels bei Wittichen und Gegend von Rippoldsau im Schwarzwald, Fuchsberg bei Striegau in Schlesien), Gneissen (gegenüber der Kirche von Rippoldsau) und Quarzporphyren (Sailauf bei Aschaffenburg). — Vielfach tritt er zusammen mit Anatas, seltener mit Rutil auf. Ebenso entdeckte ihn Thürach in vielen Sedimentärgesteinen, theils für sich allein (Kohlensandstein von Skalitz in Mähren, Zechsteindolomit von Görisseifen in Schlesien, Triasdolomit von Fally im Wallis, Keupersandstein von Burgpreppach in Unterfranken, Doleritschutt vom Hopfenberg bei Schwarzenfels in der Rhön), theils in Gesellschaft von Anatas. Thürach nimmt an, dass er sich hier auf secundärer Lagerstätte befinde. — In der nordfranzösischen Kreide beobachtete Cayeux (C. R. 1891. XII. 969) den Brookit neben Rutil.

Für die Bildung des Brookit möge daran erinnert werden, dass A. Müller* ihn als Neubildung aus Titanit im Hangenden des körnigen Kalks von St. Philippe bei Markirch beobachtete.

Die künstliche Darstellung des Brookit gelang Daubrée**, als er in rothglühenden Röhren Wasserdämpfe und solche von Titanchlorid aufeinander wirken liess, und als er bei derselben Temperatur Titanchlorid über Aetzkalk leitete. Nach denselben und analogen Methoden gewann ihn Hautefeuille***, welcher beobachtete, dass sich Rutil, Anatas und Brookit durch dieselben Processe gewinnen lassen, nur bei anderen Temperaturen. Der Brookit bedarf einer niedrigeren Temperatur als der Rutil.

Pseudobrookit.

Literatur.

A. Koch, Pseudobrookit, ein neues Mineral. T. M. P. M. 1878. I. 344—350.

G. Lattermann, Untersuchungen über den Pseudobrookit. T. M. P. M. 1888. IX. 47—54.

Der Pseudobrookit bildet tafelförmige Krystalle mit meist rechteckigen Umrissen, deren längste Dimension höchstens 2 mm misst,

* L. J. 1858. 820.

** C. R. 1849. XXIX. 227 u. 1854. XXXIX. 13.

*** C. R. 1864. LXII. 148.

zumeist aber unter 1 mm bleibt. Die Begrenzung wird nach der Aufstellung von Koch (Fig. 127) gewöhnlich gegeben durch a = ∞P∞ (100), m = ∞P (110), b = ∞P∞ (010), d = P∞ (101), wozu sich öfters ein Brachyprisma ∞P2̆ (120) und ein abgeleitetes Makrodoma e = ½P∞ (103), sowie sehr kleine Pyramiden gesellen. Die wichtigsten Winkel sind a : m = 153° 9′ a : d = 138° 41′ und a : e = 111° 10′. Die Täfelchen sind oft nur theilweise von Krystallflächen begrenzt, und in der Prismenzone stets vertikal gestreift.

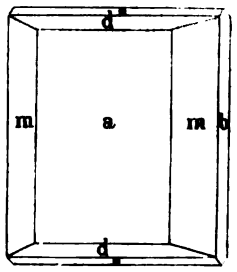


Fig. 127.

Spaltbarkeit nach ∞P∞ (010) deutlich: Törnebohm glaubte auch eine solche nach einem Brachydoma zu beobachten, deren Tracen auf a sich unter ungefähr 60° kreuzten.

Die Krystalle sind bei einiger Dicke undurchsichtig, dunkelbraun bis schwarz und besitzen metallischen Diamantglanz; die sehr dünnen Täfelchen sind bräunlich oder rubinroth durchscheinend, sehr stark lichtbrechend und besitzen sehr starke Doppelbrechung, so dass auch in sehr dünnen Schliffen keine Interferenzfarben wahrnehmbar sind. Die Ebene der optischen Axen liegt in der Basis und bei der gewählten Aufstellung ist die Brachydiagonale spitze positive Bissectrix, also c = b, a = c, b = a. $2H_a = 84° 30'$ ungefähr, mit $v > \varrho$. Pleochroismus schwach; der nach c schwingende Strahl wird am stärksten absorbirt.

Sp. G. = 4.98. — Die chemische Zusammensetzung ist nicht genau bekannt; eine unvollkommene Analyse ergab Koch 52.74 TiO_2, 42.29 Fe_2O_3 mit etwas Al_2O_3; der Rest war Kalk und Magnesia. G. Lattermann fand als Mittel aus zwei gut übereinstimmenden Analysen TiO_2 = 46.79, Fe_2O_3 = 48.64, MgO = 4.53, aber weder CaO noch Al_2O_3. Aus diesen Analysen berechnet sich die Formel $Mg\overset{m}{Fe}_{14}Ti_{13}O_{48} = [TiO_3]_{13}(\overset{m}{Fe}O)_9\overset{m}{Fe}_5Mg$. — A. Sederström (Z. X. 1889. XVII. 133) analysirte den Pseudobrookit von Havredal mit dem Resultate Fe_2O_3 = 56.42, TiO_2 = 44.26, woraus sich ein Orthotitanat $(TiO_4)_3\overset{m}{Fe}_4$ ergeben würde. Das Pulver ist in kochender Schwefelsäure unter Abscheidung eines grünlichweissen krystallinen Pulvers löslich, welches Schwefelsäure, Eisen und Titan enthält und in HCl löslich ist. Das Mineral ist schwer schmelzbar, giebt mit Borax die Eisen-, mit Phosphorsalz die Titanperle.

Der Pseudobrookit wurde von Koch auf Klüften und Höhlungen des Andesit vom Aranyer Berg in Siebenbürgen entdeckt, von Lewis* im Apatit von Jumilla beobachtet. Mügge** fand ihn in domitartigen Trachyten von Fayal und S. Miguel, Törnebohm*** in einem Augitandesit der Behringsinseln, Thürach† im Basaltschutt vom Kreuzberg, in einem Basalttuff und im Phonolithschutt vom Käuling in der Rhön, G. Lattermann am Katzenbuckel. Sehr reichlich ist er in einem centralamerikanischen Amphibolandesit von Miravalles, Costarica, enthalten.

Diaspor.

Der Diaspor bildet gewöhnlich sehr kleine, nur mikroskopisch wahrnehmbare scheibenförmige, seltener stenglige Körper, deren Längsrichtung der vertikalen Axe entspricht. — Die vollkommene Spaltbarkeit nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) tritt deutlich hervor, sie entspricht der Scheibenfläche der Individuen. Unvollkommene Spaltung nach (100) wird erwähnt. — H. = 6.

Die Ebene der optischen Axen liegt in der Spaltfläche (010), auf welcher eine negative stumpfe Bissectrix austritt, die spitze positive Bissectrix fällt mit der Brachydiagonale zusammen. Also $a = c$, $b = b$, $c = a$.

Am Diaspor von Schemnitz bestimmten A. Michel-Lévy und A. Lacroix $\alpha = 1.702$, $\beta = 1.722$, $\gamma = 1.750$ und $2V_a = 84^0—85^0$ mit schwacher Dispersion $\varrho < v$. Danach ist $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.725$, $\gamma-\alpha = 0.048$, $\beta-\alpha = 0.020$, $\gamma-\beta = 0.028$. — Das Relief im Canadabalsam ist hoch, die Interferenzfarben lebhaft in dünnen Schliffen. — Fast stets farblos durchsichtig und ohne Pleochroismus; selten gefärbt und dann pleochroitisch.

Sp. G. = 3.3—3.6. — Chemische Zusammensetzung AlO . OH. — Unlöslich in Säuren.

Der Diaspor wurde zuerst von Scheerer in den Spreusteinen der südnorwegischen Eläolithsyenite, dann auch von E. v. Eckenbrecher und letzthin durch W. C. Brögger nachgewiesen. — Auch soll er zusammen mit Korund im Bereich der krystallinen Schiefer

* Z. X. 1883. VII. 181.

** L. J. 1883. II. 196.

*** Vega-Expeditionens vetenskapliga Jakttagelser. Stockholm. 1884. IV. 136.

† Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanmineralien. Würzburg. 1884. 39.

vorkommen. — A. Lacroix (Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 7) fand ihn in Gneiss- oder Granitauswürflingen im Basalttuff von Bournac in der Haute-Loire mit Rutil und Granat. Der Feldspath dieser Auswürflinge zeigte deutlich in seinem optischen Verhalten die Wirkung der hohen Temperatur, der er ausgesetzt war, er hatte symmetrische Axenlage mit $2E_a$ fast gleich 0^0. Der Diaspor war pleochroitisch, c = blau, a = b = farblos in dickeren Schliffen. — W. Cross (Amer. Journ. 1891. XLI. 469) entdeckte den Diaspor als Begleiter des Alunit in zersetzten Trachyten (Alaunstein) vom Mt. Robinson in den Rosita Hills, Col., z. Th. auch in Krystallen, welche W. H. Melville (ibidem p. 475) beschrieb.

Aragonit.

Bildet nirgends in den Gesteinen Krystalle, sondern derbe Massen oder stenglige Aggregate mit paralleler, divergenter oder radialer Anordnung der Individuen.

Die Spaltbarkeit nach dem Brachypinakoid pflegt nicht oder doch nicht deutlich wahrnehmbar zu sein.

Der Aragonit wird farblos durchsichtig. Die Doppelbrechung ist sehr stark. Rudberg fand $\alpha_{na} = 1.5301$, $\beta_{na} = 1.6816$, $\gamma_{na} = 1.6859$. Die optischen Axen liegen im Makropinakoid und c ist negative Bissectrix. $2V_{na} = 18^0$. Die senkrecht zur Axe geschnittenen Stengel geben sofort das Interferenzbild der rhombischen Krystalle mit $\varrho < v$. — Pleochroismus nicht wahrnehmbar.

Sp. G. = 2.94. Chemische Zusammensetzung = $CaCO_3$. Reactionen wie bei Calcit, von welchem ihn der Mangel der Spaltbarkeit und das Eigengewicht leicht unterscheiden.

Findet sich secundär als Zersetzungsproduct in den basischen Eruptivgesteinen. — Künstliche Darstellung wie bei Calcit.

Anhydrit.

Bildet körnige oder stenglig-fasrige Aggregate. Die Körner pflegen nach den drei Richtungen des Raums recht gleichmässig entwickelt zu sein. In denselben liegen oft Zwillingslamellen diagonal gegen zwei Spaltbarkeiten. Wohl eine Druckerscheinung, welche Mügge* künstlich durch Erhitzen nachahmen konnte.

Spaltbarkeit nach den drei Pinakoiden ist mikroskopisch deutlich wahrnehmbar durch Risse von verschiedenem Grad der Schärfe

* L. J. 1883. II. 258.

und verschiedener Häufigkeit. Beste Spaltbarkeit nach oP (001), nahezu ebenso vollkommen nach $\infty P\breve{\infty}$ (010), wenig vollkommen nach $\infty P\bar{\infty}$ (100).

Im Dünnschliff farblos durchsichtig. Miller bestimmte $\alpha = 1.571$, $\beta = 1.576$, $\gamma = 1.614$. Die Axenebene liegt in $\infty P\breve{\infty}$, die spitze Bissectrix coincidirt mit $\breve{a}$. Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv. Spaltblättchen nach der unvollkommensten Spaltfläche geben sehr schön das Axenbild. Des Cloizeaux mass $2E = 71^\circ 10' - 71^\circ 20'$.

Sp. G. = 2.8—3. — Chemische Zusammensetzung = $CaSO_4$. Von Säuren nur wenig angegriffen; lässt sich mit Fluorit zu klarer Perle zusammenschmelzen. Der Anhydrit wandelt sich unter Einwirkung der Atmosphärilien durch Wasseraufnahme in Gyps um.

Bildet das Anhydritgestein, welches von Fr. Hammerschmidt* mikroskopisch untersucht wurde, und tritt im Gyps auf.

Für die Bildung des natürlichen Anhydrit sind wichtig die Darstellungen dieses Minerals durch F. Hoppe-Seyler**, welcher dasselbe aus einer concentrirten Lösung von Kochsalz oder Chlorcalcium im zugeschmolzenen Glasrohr bei 140° C. erhielt, und durch Struve***, welcher es aus einer Lösung von concentrirter Schwefelsäure bekam. Auch aus concentrirter Salzsäure scheidet sich der schwefelsaure Kalk bei mikrochemischen Reactionen wohl als Anhydrit aus.

Andalusit.

Literatur.

H. Rosenbusch, Die Steiger Schiefer und ihre Contactzone an den Granititen von Barr-Andlau und Hohwald. Strassburg i. E. 1877. (cf. auch L. J. 1875. 849.)

Der Andalusit tritt nirgends in derben Massen, sondern fast stets in mehr oder weniger vollkommen gesetzmässig begrenzten Krystallen, seltener in rundlichen Körnern auf. Die Dimensionen wechseln von mehreren Centimetern Länge bis zu Hundertsteln von Millimetern, dagegen ist das Verhältniss von Höhe zu Dicke ein ziemlich constantes, etwa 1 : 3 bis 1 : 4. Die Formen der eingewachsenen Krystalle sind sehr einfach, ∞P (110) mit einem Winkel von 90° 50′ und oP (001), selten tritt ein Doma hinzu. Demgemäss sind die Querschnitte sehr nahezu quadratisch, die Längsschnitte länglich rechteckig (Taf. XVI Fig. 1). — Zwillingsbildungen

* T. M. P. M. 1882. V. 245.

** Ann. Chem. u. Pharm. LXXXII. 348 u. CXXIX. 350.

*** Zeitschrift für Chemie. 1869. 324.

scheinen nicht vorzukommen; doch beschreibt sie Jeremejeff* als häufig bei den Andalusiten in glimmerreichen Thonschiefern von Markowa im Nertschinsker Bergrevier; Zwillingsebene ist dann die Prismenfläche.

Die ziemlich vollkommene Spaltbarkeit nach ∞P (110) giebt sich bei den grösseren Individuen im Querschnitt meist durch sehr deutliche Risse kund, die sich anscheinend rechtwinklig schneiden und den Krystallgrenzen parallel liegen, im Längsschnitt zu einander und zu der Krystallgrenze parallel laufen. Seltener sind die Blätterdurchgänge nach dem Doma und dem vertikalen Pinakoide erkennbar. Bei den sehr kleinen mikroskopischen Individuen sind die Spaltbarkeiten sehr häufig gar nicht durch Risse angedeutet. — Bei den grösseren Individuen von Andalusit und Chiastolith, welche einsprenglingsartig ausgebildet sind, kann man oft beobachten, dass eine scheinbare Zwillingsgrenze diagonal durch die Querschnitte geht. Die Erscheinung ist dadurch bedingt, dass die Krystalle mechanisch deformirt wurden. Die Fläche ∞P∞ (100), und nie das andere Pinakoid, wie man sich durch Bestimmung der Elasticitätsaxen leicht überzeugen kann, hat als Gleitfläche gewirkt und die beiden Hälften des Krystalls sind durch eingedrungene Keile von Gesteinsmasse, die oft unendlich dünn sind, aus der genauen Parallelstellung herausgedrängt.

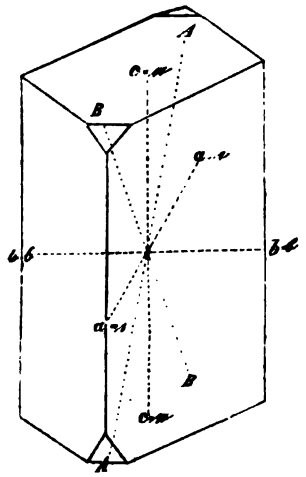


Fig. 128.

Der Andalusit wird meistens farblos, seltener röthlich durchsichtig. Der Brechungsexponent ist ziemlich hoch, daher das Relief deutlich; die Doppelbrechung ist schwach und daher die Interferenzfarben niedrig. Der Dünnschliff müsste schon 0.05 mm dick sein, damit im günstigsten Fall Roth I. Ordnung auftrete. Es ist dies zusammen mit dem Umstande, dass der Vertikalaxe parallel hier die grösste Elasticitätsaxe liegt, das sicherste Unterscheidungsmittel gegenüber Sillimanit. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Die Ebene der optischen Axen liegt in

* L. J. 1866. 724.

$\infty P\breve{\infty}$ (010); die Vertikalaxe ist Bissectrix, also $a = c$, $b = b$, $c = a$. Fig. 128 giebt das optische Schema in krystallographischer Orientirung. $2V = 83^0$—85^0; $\alpha = 1.632$, $\beta = 1.638$, $\gamma = 1.643$ nach Des Cloizeaux. Querschnitte zeigen negativen Bissectricen-Austritt, Schnitte nach $\infty P\breve{\infty}$ (010) die höchsten Interferenzfarben. Pleochroismus fehlt bisweilen ganz, ist in andern Fällen sehr stark und zwar ist in dickeren Platten $\breve{a}$ = olivengrün, $\breve{b}$ = ölgrün, $\dot{c}$ = dunkelblutroth, in dünnen Schliffen $\breve{a} = \breve{b}$ = fast farblos bis sehr matt grünlich, $\dot{c}$ = rosaroth. Die Absorption ist $c > b > a$. — Schnitte nach einem Doma (hol) senkrecht zu einer optischen Axe, zeigen deutlich die Polarisationsbüschel cf. S. 205.

Sp. G. = 3.16—3.20. — Chemische Zusammensetzung = Al_2SiO_5. Der Andalusit wird von Säuren, auch von Flusssäure nicht angegriffen und lässt sich daher chemisch leicht isoliren; ebenso gelingt seine Isolation unschwer durch Trennungsflüssigkeiten. Das isolirte Pulver wird durch Glühen mit Kobaltsolution schön blau.

Verwachsungen von Andalusit und Sillimanit mit parallelen Axensystemen beschreiben A. Lacroix* und A. Michel-Lévy und Termier** von Ceylon, Morlaix (Finistère), aus dem Thal von Barousse bei Bagnères-de-Bigorre und vom Mont-Pilat; ersterer auch Durchwachsungen, wobei die Sillimanitnädelchen mit dem Andalusit die Fläche (100) gemein haben, während ihre Vertikalaxen senkrecht oder unter 45° geneigt gegen die des Andalusit liegen. Das dürfte auf secundäre Bildung des Sillimanit schliessen lassen. Der Andalusit wird durch Einwirkung der Atmosphärilien leicht umgewandelt in blättrige und fasrige Aggregate, welche z. Th. dem Muscovit (Sericit), z. Th. dem Kaolin angehören dürften. Bei grösseren Krystallen folgt die Umwandlung gern der Spaltbarkeit und die neugebildeten blättrigen Aggregate stehen senkrecht zu den Spaltflächen, wie dieses besonders schön die grossen Krystalle von Lisens zeigen.

Eine constante Mikrostructur besitzt der Andalusit nicht; er umhüllt gelegentlich die mit ihm associirten Mineralien Quarz, Biotit und Erze, sowie Flüssigkeitseinschlüsse, sehr oft kohlige Partikel, um welche dann gern die S. 209 besprochenen pleochroitischen Höfe erscheinen; dieselben sind gelb, wenn die Vertikalaxe mit dem Nicolhauptschnitt parallel steht, verschwinden nach einer Drehung

* Bull. Soc. min. Fr. 1888. XI. 150 u. 1889. XII. 59.

** Bull. Soc. min. Fr. 1889. XII. 56.

von 90°. Glühen zerstört sie; sie dürften also von fein vertheilten organischen Pigmenten herrühren, welche auch den Pleochroismus der Andalusitsubstanz zu bedingen scheinen.

Der Andalusit ist ein für metamorphe Schiefer in hohem Grade charakteristisches Mineral; die wahre Heimat desselben sind die Contacthöfe der Thonschiefer an Graniten und anderen Tiefengesteinen. Zum Studium dieser Vorkommnisse eignen sich ganz besonders die Andalusithornfelse von Barr-Andlau und Hohwald in den Vogesen, diejenigen der Granitmassive des Erzgebirges* und von Strehla in Sachsen**, am Hennberge bei Weitisberga***, im centralen Frankreich†, in der Bretagne, in Cornwall, im nördlichen England†† und in Irland†††, sowie in den Pyrenäen*†. Der Andalusit pflegt nur in den stärker metamorphosirten Theilen dieser Contactringe, in den Knotenglimmerschiefern und Hornfelsen aufzutreten und es scheint eine gewisse Höhe des Thonerdegehaltes, sowie geringe Mengen von Kalk des ursprünglichen Sediments Bedingung für die Andalusitbildung zu sein. In den quarzitischen und mergeligen Thonschiefern entwickelt sich in der Contactzone kein oder doch nur spärlicher Andalusit. — Dagegen ist ein nicht unbedeutender Gehalt an Magnesia kein Hinderniss; man findet den Andalusit stets mit chokoladebraunem Biotit und oft mit Cordierit vergesellschaftet.

Weit seltener findet sich der Andalusit in den Glimmerschiefern und Gneissen der Formation der krystallinen Schiefer und dürfte auch hier mit einiger Wahrscheinlichkeit auf metamorphe Vorgänge zurückzuführen sein. Im eigentlichen und sicheren Grundgebirge ist er bis dahin nicht beobachtet worden.

Die künstliche Darstellung des Andalusit ist noch nicht gelungen.

---

* K. Dalmer, Erläuterungen zu Section Lössnitz, Schneeberg und Kirchberg der geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen. Leipzig. 1883. 1884.

** H. Pohlig, Der archäische District von Strehla bei Riesa in Sachsen. Z. D. G. G. 1877. XXIX. 545.

*** F. E. Müller, Die Contacterscheinungen an dem Granit des Hennbergs bei Weitisberga. L. J. 1882. II. 205.

† A. Michel-Lévy, Sur les schistes micacés des environs de Saint-Léon. Bull. Soc. géol. Fr. 1881. (3). IX. 181.

†† J. Clifton Ward, On the granitic etc. rocks of the Lake district. Q. J. G. S. 1876. XXXI. 568 u. XXXII. 1.

††† A. von Lasaulx, Metamorphische und Eruptivgesteine aus dem Silur der Grafschaft Wicklow. T. M. P. M. 1878. 433.

*† F. Zirkel in Z. D. G. G. 1867. XIX. 180—186.

Der Chiastolith (Taf. XVI Fig. 2) ist chemisch, krystallographisch und physikalisch durchaus identisch mit dem Andalusit und unterscheidet sich von diesem ganz allein durch die Constanz, womit kohlige Substanzen in der bekannten Anordnungsform ihm eingelagert sind. So wenig es bisher für begründet erachtet wurde, etwa Granat mit axial gelagerten Interpositionen vom gewöhnlichen Granat zu trennen, so wenig scheint es gerechtfertigt, dem Chiastolith eine Selbständigkeit neben Andalusit zuzugestehen. Die in der älteren descriptiven Mineralogie viel besprochene Mannichfaltigkeit in der Anordnung dieser kohligen Substanzen, welche man ursprünglich für Thonschiefermasse hielt, wurde mikroskopisch u. A. von Zirkel (l. c.) und Ch. Whitman Cross (T. M. P. M. 1880. III. 13 sqq.) beschrieben und von C. E. M. Rohrbach (Z. D. G. G. 1887. XXXIX. 633) durch ursprüngliche Wachsthumsformen zu erklären versucht. Auch die geognostische Stellung des Chiastolith ist diejenige des Andalusit. Der einzige Unterschied liegt darin, dass man den Chiastolith nicht in der Formation der krystallinen Schiefer kennt und dass er in den Schiefer-Granit-Contacthöfen vorwiegend an die niedriger entwickelten Glieder der metamorphen Reihen und hohen Gehalt an kohliger Substanz gebunden scheint.

Andalusit kann bei unaufmerksamer Beobachtung verwechselt werden und ist verwechselt worden mit Diopsid zufolge der ähnlichen Spaltbarkeit, mit Sillimanit (in Granulit) wegen des gleichen chemischen Verhaltens, mit Zoisit und Feldspath wegen gewisser Aehnlichkeit im Habitus und in den Zersetzungsproducten. Diopsid unterscheidet sich leicht durch die weit stärkere Doppelbrechung und das monokline Verhalten aller Schnitte, die nicht in der orthodiagonalen Zone liegen. Vom Sillimanit unterscheidet man ihn sicher durch Bestimmung des Werthes der vertikalen Elasticitätsaxe, vom Zoisit durch die Spaltbarkeit und chemische Reaction, vom Feldspath durch den auffallend höheren Brechungsexponenten, sowie durch die chemische Reaction und das specifische Gewicht.

Sillimanit.

Literatur.

E. Kalkowsky, Die Gneissformation des Eulengebirges. Leipzig. 1878. pg. 5 sqq.
A. Michel-Lévy, Sillimanite dans le gneiss du Morvan. Bull. Soc. min. Fr. 1880. III. 30.

Der Sillimanit als Gemengtheil von Gesteinen bildet immer langprismatische und sehr dünne Krystalle, welche makroskopisch

gewöhnlich nur dann erkennbar werden, wenn sie sich zu filzigen Aggregaten zusammendrängen. Die Dimensionen der Kryställchen schwanken sehr, doch überwiegt ausnahmslos die Längsrichtung ganz auffallend; sie sinken zu so feinen Nädelchen herab, dass sie auch bei stärksten Vergrösserungen kaum durchsichtig werden. In der Prismenzone ist die Begrenzung durch Krystallflächen gegeben, und zwar durch das Grundprisma mit dem Winkel $110 : 1\bar{1}0 = 111°$ oder durch eine Combination desselben mit dem Prisma $\infty P\frac{3}{2}$ (230) mit einem vorderen Winkel von 88°—89°, oder endlich durch letzteres allein. Verhältnissmässig selten sind pinakoidale Flächen $\infty P\breve{\infty}$ (010) und $\infty P\breve{\infty}$ (100). Terminale Flächen sind nicht mit Sicherheit zu erkennen; die Kryställchen brechen scheinbar ab oder spitzen sich äusserst fein zu. Demnach sind die Querschnitte rhombisch, oktogonal oder anscheinend quadratisch und erinnern dann sehr an Andalusit; die Längsschnitte lang leistenförmig. Doch sind die Individuen meist so dünn, dass sie dann als Körper im Schliffe liegen (Taf. XVI Fig. 3). Bei Einstellung auf die Oberfläche bemerkt man oft sehr deutlich eine zierliche Riefung parallel der Vertikalaxe. Dieselbe kann zu einer vollständigen Abrundung der Querschnitte führen, die dann wie gekerbt aussehen.

Die Spaltbarkeit nach dem Makropinakoide giebt sich bei grösseren Individuen in Längs- und Querschnitten durch sehr feine und genau parallele Risse zu erkennen, die jedoch natürlich bei den nicht angeschliffenen Individuen und überhaupt bei den sehr mikroskopischen Kryställchen fehlen. — Die nicht gar zu kurzen Individuen lassen sehr oft unabhängig von ihrer Dicke eine Querabsonderung beobachten, wodurch sie in Glieder zerfallen, zwischen welche sich gelegentlich Gesteinsmasse (am häufigsten Quarz) eindrängt. Biegungen und Knickungen der langen Säulchen sind nicht selten. — H. = 6—7.

Der Sillimanit ist im Dünnschliff farblos durchsichtig, die Lichtbrechung etwas, die Maximaldoppelbrechung viel höher als bei Andalusit. Des Cloizeaux fand $\beta_\varrho = 1.660$ und das Makropinakoid (100) als Axenebene, mit der Vertikalaxe als positiver Bissectrix. Darnach ist das optische Schema $a = b$, $b = a$, $c = c$. Der Winkel der optischen Axen ist klein mit starker Dispersion $\varrho > v$; er giebt $2E_\varrho = 44°$, $2E_v = 37°$. — E. Wülfing bestimmte an einem Prisma des Sillimanit von Saybrook in Connecticut, dessen eine Fläche nahezu parallel der Spaltung (100) war, durch senkrechte Incidenz die Brechungsexponenten

	Eosin	Na	Tl
α =	1.6574	1.6603	1.6639
γ =	1.6788	1.6818	—

mit einem Fehler von ± 0.0002. γ für Thallium war wegen der Absorption nicht zu messen. Hieraus, sowie aus v wurde von ihm β berechnet nach der Formel $\frac{1}{\beta^2} = \frac{\cos 2V}{\alpha^2} + \frac{\sin 2V}{\gamma^2}$, was um so zulässiger ist, als bei dem kleinen Werth von V selbst ein Schwanken von E um 4° für β erst eine Aenderung von 0.0002 bedingen würde. Es ergiebt sich $\beta_{Na} = 1.6612$ und man hat also $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.6678$, $\gamma - \alpha = 0.0215$, $\beta - \alpha = 0.0009$, $\gamma - \beta = 0.0206$. Zur Controle wurde an einem Spaltblättchen mit dem Babinet'schen Compensator $\gamma - \alpha = 0.0212$ gemessen.

Schnitte nach (100) oder wenig abweichend von dieser Fläche haben darnach sehr geringe Doppelbrechung, solche nach (010) und (001) eine recht beträchtliche und geben daher leuchtende Interferenzfarben noch in recht dünnen Schliffen. — Die Querschnitte zeigen deutlich das Interferenzbild mit positivem Charakter der Doppelbrechung und starke Axendispersion. — Der Sillimanit von Saybrook ist stark pleochroitisch, Spaltblättchen nach $\infty P\infty$ (100) ergaben für c dunkelnelkenbraun, für b hellbräunlich; im Dünnschliff ist der gesteinsbildende Sillimanit nicht merklich pleochroitisch.

Das specifische Gewicht 3.23—3.24 ist höher als bei Andalusit. — Chemische Zusammensetzung und Reactionen wie bei diesem. Der Sillimanit pflegt vollkommen einschlussfrei zu sein. — Umwandlungen führen zu Kaolin. — Ueber Verwachsungen mit Andalusit siehe S. 435.

Der Sillimanit ist eines der am meisten charakteristischen Mineralien in der Formation der krystallinen Schiefer, zumal der feldspathführenden (Gneisse), in welchen er bald mehr allgemein verbreitet und dann allen Gemengtheilen (mit Ausnahme der Feldspathe) gleichmässig eingestreut ist, bald in Verbindung und inniger Verwachsung mit Quarz (Faserkiesel) linsenförmige Knauer bildet. Derartige Vorkommnisse sind mit den Namen Fibrolith, Bucholzit, Wörthit, Monrolith, Xenolith belegt worden. Höchst charakteristisch ist die Art, wie die Sillimanitsäulchen sich zu dichten Strömen zusammendrängen und dann jeder Stauchung des Gesteins sich anschmiegen. — In ganz besonderer Weise liebt der Sillimanit die Begleitung des Cordierit, Granat und Spinell; daher seine con-

stante und reichliche Anwesenheit in Cordieritgneissen und Kinzigiten. — Aus Gneissen von Strehlen in Schlesien beschreibt ihn E. Schumacher*, aus solchen des niederösterreichischen Waldviertels F. Becke**, aus Kinzigit von Catanzaro L. Bucca***, aus Gneissglimmerschiefern des sächsischen Granulit E. Kalkowsky†, aus Glimmerschiefern von New Hampshire G. Hawes††. — Man kann deutlich zwei Arten des Vorkommens unterscheiden. Bei der einen ist der Sillimanit eigentlicher Gesteinsgemengtheil und bildet dann gern grössere Individuen; bei der andern liegt er auf Gleitflächen und in Quetschzonen des Gesteins und ist dann meistens in unverkennbarer Weise aus den verdrückten Biotitblättchen hervorgegangen.

In den contactmetamorphen Gesteinen findet sich der Sillimanit seltener, soweit das ursprüngliche Sediment Thonschiefer war und er pflegt nur dann reichlicher einzukehren, wenn sich zugleich Cordierit entwickelte, wie im Gebiet von Barr und Hohwald in den Vogesen. Dagegen wies Ch. Barrois††† den Sillimanit als ein Product der granitischen Contactmetamorphosen in silurischen Sandsteinen im Guéméné allgemein verbreitet nach. — Ueberraschend ist das Zusammenauftreten von Sillimanit und Andalusit sowohl in den krystallinen Schiefern, wie gelegentlich in den granitischen Contacthöfen.

Der Sillimanit könnte mikroskopisch verwechselt werden mit Andalusit und Zoisit. Ueber die Unterscheidung von ersterem siehe Andalusit. Gegenüber dem Zoisit charakterisirt den Sillimanit die starke Doppelbrechung und die chemische Unangreifbarkeit.

Ueber künstliche Bildungen von Sillimanit oder Sillimanit-ähnlichen Substanzen bei hoher Temperatur und über Umwandlung von Andalusit, Topas, Disthen, Kaolin und Thonen in solche machte W. Vernadzki (Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 256) interessante Mittheilungen.

Topas.

Als Gesteinsgemengtheil ist der Topas bisher fast stets in Krystallen beobachtet worden, sehr selten in regellos begrenzten

* Z. D. G. G. 1878. XXX. 427.

** T. M. P. M. 1881. IV. 203.

*** Boll. R. Comitato geol. d'Italia. 1884.

† L. J. 1882. I. 233.

†† Mineralogy and Lithology of New Hampshire. Concord. 1878. 107.

††† Ann. Soc. géol. du Nord. Lille. 1884. X. 408—410.

Körnern oder in derben Massen; die Krystalle haben kurz prismatischen Habitus und werden vorwiegend von den Flächen ∞P (110) und 2P∞ (021) mit 92° 42′, oder 4P∞ (041) mit 55° 20′ begrenzt. Daneben treten Pyramiden und das Prisma ∞P$\breve{2}$ (120) gewöhnlich sehr untergeordnet auf. Die Basis pflegt zu fehlen oder ist nur sehr schmal ausgebildet. Die bald blauen, bald farblosen oder hellgelblichen Krystalle erreichen an manchen Orten makroskopische Dimensionen, werden aber meistens erst mikroskopisch wahrnehmbar.

Die vollkommene Spaltbarkeit nach oP (001) documentirt sich durch deutliche parallele Spaltrisse in allen nicht zur Basis parallelen Durchschnitten. — H. = 8.

Der Topas ist im Dünnschliff stets wasserhell durchsichtig, das Brechungsvermögen ist zufolge seines Fluorgehaltes niedriger, als man bei einem Edelstein erwarten sollte, die Doppelbrechung schwach, ziemlich genau gleich derjenigen des Quarzes. Demgemäss ist das Relief schwach, die Interferenzfarben ziemlich niedrig; in guten Dünnschliffen überschreiten sie kaum das Gelb I. Ordnung. Am farblosen brasilianischen Topas bestimmte Rudberg

$$\alpha_{Na} = 1.612,\ \beta_{Na} = 1.614,\ \gamma_{Na} = 1.621,$$

am Schneckensteiner Topas fand Des Cloizeaux

$$\alpha_{\varrho} = 1.614,\ \beta_{\varrho} = 1.616,\ \gamma_{\varrho} = 1.628.$$

Aus den Zahlen Rudberg's erhält man

$$\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.616,\ \gamma-\alpha = 0.009,\ \beta-\alpha = 0.002,\ \gamma-\beta = 0.007.$$

Die Axenebene liegt im Brachypinakoid und die vertikale Axe ist spitze Bissectrix. Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv, also $c = c$, $a = a$, $b = b$. Der Axenwinkel schwankt in weiten Grenzen, selbst an Platten aus demselben Krystall, nach den Beobachtungen von Des Cloizeaux von etwa 70°—120° in Luft. Die Dispersion ist ziemlich stark $\varrho > v$. Die vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis gestattet auf sehr bequeme Weise das Studium der Phänomene im convergenten Lichte. Im Dünnschliff erhält man die Interferenzfigur beider Axen in denjenigen Durchschnitten, welche keine Spaltbarkeit wahrnehmen lassen, ein wichtiges Hülfsmittel zur Diagnose. Optische Anomalien sind bei den Topasen, zumal den gelben brasilianischen, häufig und wurden bereits von Brewster* wahrgenommen. Dünne Platten nach der Spaltbarkeit zerfallen im parallelpolarisirten Lichte in mehrere Felder; das Centrum derselben ist ein Rhombus mit den Winkeln des Topasprismas, an

jede Seite dieses Rhombus legt sich ein Trapez. Das centrale Feld ist bald einheitlich und besitzt die normalen Auslöschungen parallel den Diagonalen, oder es zeigt seinerseits einen Zerfall in mehrere Felder, beziehungsweise sich kreuzende Lamellen mit einer allenthalben geringen Schiefe der Auslöschung (3°—5°) nach links und rechts von den Diagonalen. Die randlichen Trapeze löschen mit wechselnder Schiefe gegen die Diagonalen (bis zu 20°) des centralen Rhombus aus. Allenthalben erhält man im convergenten Lichte die Interferenzfigur zweiaxiger, senkrecht zur spitzen Bissectrix geschnittener Krystalle mit einer durch die Auslöschungsrichtungen gegebenen Lage der Axenebenen und oft stark mit dem Ort wechselnder Grösse des Axenwinkels. Mallard** nimmt daher einen Aufbau des Topas aus zwillingsartig verbundenen monoklinen Individuen an. — Auch die gesteinsbildenden Topase lassen, wenn auch in geringer Intensität, bisweilen diese Anomalien beobachten. — Pleochroismus ist im Dünnschliff nicht wahrzunehmen.

Sp. G. = 3.52—3.56. — Chem. Zusammensetzung: $Al_6Si_3O_{12}Fl_6$. Säuren greifen den Topas nicht an. Durch Benutzung dieses Verhaltens in Verbindung mit der Dichte und der Unanziehbarkeit durch den Elektromagneten gelingt die Isolation des Topas aus den Gesteinen leicht. Die mikroskopischen Kryställchen sind dann sicher goniometrisch zu bestimmen. Durch Zerschlagen derselben erhält man Spaltstücke zur controlirenden optischen Untersuchung. Durch Zersetzung verliert der Topas seinen Fluorgehalt und geht unter Aufnahme von Wasser in Kaolin (Nakrit), oder unter Aufnahme von Wasser und Alkali in Muscovit über. Den letzteren Vorgang studirten am Topas von Stoneham J. S. Diller und F. W. Clarke***; die Glimmerbildung schreitet auf den Blätterdurchgängen nach oP und auf Klüften vor, welche annähernd parallel zu dieser Richtung verlaufen.

Der Topas pflegt ausser Blättchen von Hämatit und Ilmenit, welche besonders in den brasilianischen gelben Krystallen häufig auftreten, zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse zu beherbergen, welche theils regellos in Schnüren und Reihen liegen, theils annähernd auf

---

* On the distribution of the colouring matter and on certain peculiarities in the structure and optical properties of the Brazilian Topaz. Transact. of the Cambridge philos. Soc. 1882.

** Explications des phénomènes optiques anomaux que présentent un grand nombre de substances cristallisées. Paris. 1877. 101.

*** Amer. Journ. 1885. XXIX. May. 378—384.

concentrischen Flächen von ∞P (110) und ∞P$\breve{2}$ (120) geordnet sind. Ihre Form ist eine sehr wechselnde und oft überaus bizarre; doch kann man vielfach eine Annäherung oder vollständige Uebereinstimmung mit der Form des Topas beobachten. Diese Flüssigkeitseinschlüsse, welche seit Brewster* von mehreren Forschern, zuletzt von Erhard und Stelzner** studirt wurden, bestehen bisweilen aus Wasser oder wässrigen Salzlösungen, bisweilen aus liquider Kohlensäure oder gleichzeitig aus beiden Fluidis und zeigen in sehr bequemer Weise die S. 53 beschriebenen Verhältnisse. In den

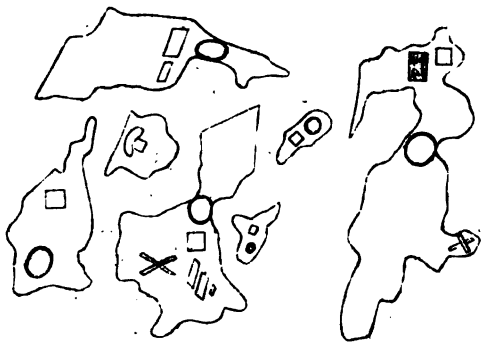


Fig. 129.

Flüssigkeitseinschlüssen mancher Topase, zumal vom Schneckenstein, treten mannichfache krystalline Ausscheidungen auf (Fig. 129), unter denen würfelförmige, wasserhelle Kryställchen am häufigsten vertreten sind. Dieselben lösen sich bei hinreichender Erwärmung in ihrer Mutterlauge auf und krystallisiren bei Abkühlung wieder aus; sie werden also kaum dem Steinsalz zugerechnet werden dürfen. Ausserdem trifft man darin seltener rhomboëdrische, farblose Krystalle, lang nadelförmige, sich gewöhnlich zwillingsartig durchkreuzende Mikrolithe und rothbraune pyramidale Kryställchen mit

* Ueber eine merkwürdige, mit Flüssigkeit gefüllte Höhlung im Topas. Pogg. Ann. 1854. XCI. 607 und Philos. Mag. (4.) X. 233; — On crystals in the cavities of Topaz which are dissolved by head and recrystallize on cooling. Edinb. new philos. Journal. 1845. XXXVIII. 386; — On the modification of the doubly refracting and physical structure of Topaz by elastic forces, emanating from minute cavities. Transact. Roy. Soc. Edinburgh. XVI. 1 und Philos. Mag. London. 1847. XXXI. 101; — On the existence of crystals etc. London, Edinb. and Dublin. philos. Mag. 1847. XXXI. 497.

** Ein Beitrag zur Kenntniss der Flüssigkeitseinschlüsse. T. M. P. M. 1878. 450–458.

einer abgestumpften Ecke; — alle diese Krystallisationen lösen sich bei Temperaturerhöhungen nicht in der Flüssigkeit auf.

Der Topas ist allen granitischen Gesteinen eigen, welche Zinnerz führen, und zumal in den Greisen wohl constant vorhanden. Aus dem Granit von Greifenstein beschreibt ihn Schalch*, in sehr kleinen Krystallen neben Rutil und Zinnerz im Glimmer eingewachsen bestimmte ihn M. von Miklucho-Maclay**. — Spärlicher trifft man ihn auch sonst wohl in granitischen Gesteinen, zumal wenn diese Fluorit oder Turmalin führen, wie z. B. manche cornwallisische Vorkommnisse. — Bedeutsam ist sein Auftreten in gewissen, wohl nur durch Gasemanationen erklärbaren Contactbildungen der Tiefengesteine, zu denen auch der Schneckensteiner Topasfels und die sog. topasirten Quarzporphyre des Erzgebirges und Tasmaniens gehören.

Die künstliche Darstellung des Topas, der nach seiner ganzen Paragenese unter Mitwirkung von Fumarolenphänomenen entstanden sein dürfte, versuchte Daubrée***. Er leitete Fluorsilicium über zu Weissgluth erhitzte Thonerde; es bildete sich eine Substanz von dem sp. G. = 3.49 und einer Zusammensetzung, welche annähernd mit derjenigen des Topas übereinstimmte.

Dumortierit.

Literatur.

E. Bertrand, Sur un minéral bleu de Chaponost, près Lyon. Bull. Soc. min. Fr. 1880. III. 171 u. 1881. IV. 9.

J. S. Diller and J. E. Whitfield, Dumortierite from Harlem, N. Y., and Clip, Arizona. Amer. Journ. 1889. XXXVII. 216.

Das zuerst von Gonnard (Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 2) in Pegmatitgängen des Gneiss von Beaunan bei Lyon entdeckte Mineral krystallisirt in dünnen Prismen mit vertikaler Streifung von scheinbar hexagonalem Habitus durch die Combination ∞P (110) . $\infty P\breve{\infty}$ (010) mit $110 : 1\bar{1}0 = 124°$ etwa nach Diller. Zwillinge nach dem Aragonitgesetz sind sehr verbreitet. Nach Diller kommen auch solche nach andern Flächen der Prismenzone vor. — Die Nadeln aggregiren sich bisweilen zu parallelen oder divergenten Büscheln und sinken zu trichitischen Dimensionen herab. — Die Längsschnitte sind leistenförmig, die Querschnitte meistens rundlich.

* Erläuterungen zur Section Geyer der geol. Specialkarte des Königreichs Sachsen. Leipzig. 1878. 44.

** L. J. 1885. II. 90.

*** C. R. XXXII. 625.

Spaltung deutlich nach $\infty P\infty$ (100), in Querschnitten auch in deutlichen Spaltrissen nach unbestimmten Prismenflächen. In Längsschnitten oft Querabsonderung, angenähert senkrecht zu c. — H. = 7.

Die Farbe in auffallendem Lichte ist blau in verschiedenen Tönen, auch bräunlich, selten weiss bis farblos. Im durchfallenden Lichte stark pleochroitisch und zwar c = blau, a = b = gelblich bis farblos. — Die Axenebene liegt im Brachypinakoid (010) und die Prismenaxe ist spitze negative Bissectrix. Das optische Schema ist also $a = \mathfrak{c}$, $b = \mathfrak{b}$, $c = \mathfrak{a}$. Der Axenwinkel ist klein, A. Michel-Lévy und A. Lacroix geben $2V = 30°$. Nach E. Bertrand ist die Dispersion sehr stark $\varrho < v$ an den Krystallen von Beaunan, nach Michel-Lévy und Lacroix stets $\varrho > v$. Damit stimmen meine Beobachtungen an den Vorkommen von Harlem. Sie fanden $\beta = 1.65$ ungefähr, $\gamma - \alpha = 0.010$.

Sp. G. = 3.265 nach Diller, 3.36 nach Damour. — Die chemische Zusammensetzung fand Damour (Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 6) = $Al_8 Si_3 O_{18}$, aber nach den Untersuchungen von Diller und Whitfield wäre das Mineral wahrscheinlich $3\,Al_8 Si_3 O_{18} . Al B_2 O_6 . 2\,H_2O$. — Der Dumortierit ist unschmelzbar vor dem Löthrohr, entfärbt sich aber dabei, was beim Glühen im Kölbchen nicht eintritt. In Säuren, selbst in Flusssäure, unlöslich.

Der Dumortierit findet sich in pegmatitischen Massen und Gängen im Gneiss von Beaunan und Brignais bei Lyon mit Turmalin, Apatit und Chlorophyllit oder Cordierit, ferner zu Wolfshau bei Schmiedeberg in Schlesien, am Rabenstein (G. vom Rath, Sitzungsber. Niederrh. Ges. 1885. 202. Anmerkung) mit Korund in pegmatitischen Massen im Granit, im Cordierit des Gneisses von Twedestrand in Norwegen nach Michel-Lévy und Lacroix (C. R. 1888. CVI. 1546), mit Turmalin in pegmatitischen Ausscheidungen des Gneisses von Harlem, N. Y., und in körnigem Quarz bei Clip, Yuma County, Arizona.

Staurolith.

Literatur.

A. von Lasaulx, Ueber Staurolith. T. M. M. 1872. II. 173.

K. Peters und R. Maly, Ueber den Staurolith von St. Radegund. S. W. A. 1868. LVII. 646.

Wie es scheint, kommt der Staurolith nie in derben Massen, sondern stets in Einzelindividuen und Zwillingen vor, welche gelegentlich durch mangelhafte Ausbildung der Krystallflächen die Gestalt von Körnern annehmen. Charakteristisch ist das Fehlen

langstengliger Ausbildung. Die Formen (Fig. 130) sind sehr constant m = ∞P (110) mit 129° 20′, p = oP (001), r = P∞ (101), zumeist sehr klein, oft fehlend, o = ∞P∞ (010), oft sehr schmal, auch wohl fehlend. Darnach sind die Querschnitte spitzrhombisch oder fast hexagonal, die Längsschnitte breitere (nach ∞P∞) oder schmalere (nach ∞P∞) Rectangeln. Die Zwillingsbildung nach $\frac{3}{2}$P∞ (032) und $\frac{3}{2}$P$\breve{\frac{3}{2}}$ (232) ist bei den mikroskopischen Krystallen die gleiche, wie bei den grossen Individuen. Dabei tritt die Zwillingsbildung oft nicht als in den Umrissen erkennbare Durchkreuzung auf, sondern das eine Individuum ist vollständig vom andern umschlossen und der Zwilling dann nur optisch (durch Lage der Axenebene oder durch den Pleochroismus) erkennbar; oder aber es sind die Individuen juxtaponirt. — Ein schaliger Bau nach oP kommt vor und bedingt dann eine an Spaltbarkeit erinnernde Theilbarkeit nach dieser Fläche. — Die Spaltbarkeit nach ∞P∞ (010) und ∞P (110) besitzt sehr wechselnde Vollkommenheit und documentirt sich daher bald durch scharfe Risse zumal in der kurzen Diagonale der Querschnitte, weniger parallel deren Seiten, und durch parallele Risse in den Längsschnitten, bald ist sie kaum wahrnehmbar. — H. = 7—7.5.

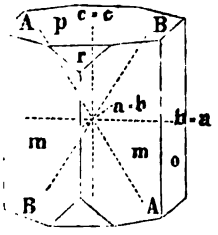


Fig. 130.

Der Staurolith wird je nach der Dicke der Schliffe und ihrer Lage gelblich bis rothbraun durchsichtig. Der Brechungsexponent ist hoch, nach Miller $\beta_\varrho = 1.7526$, nach Des Cloizeaux $\beta_\varrho = 1.749$, die randlichen Totalreflexionen demzufolge stark, das Relief bedeutend, die Oberfläche sehr runzelig. — Die Doppelbrechung ist nicht stark. A. Michel-Lévy und A. Lacroix bestimmten am Staurolith des St. Gotthard $\alpha = 1.736$, $\beta = 1.741$, $\gamma = 1.746$, also $\gamma - \alpha = 0.010$, $\beta - \alpha = 0.005$, $\gamma - \beta = 0.005$ und $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.741$. Die Axenebene liegt im Makropinakoid, der Winkel für rothe Strahlen beträgt etwa 89°, der Charakter ist positiv, die Vertikalaxe erste Bissectrix; darnach ist das Schema in Fig. 130 eingetragen. Querschnitte geben auch bei recht schiefer Lage im convergenten Lichte Interferenzbilder, welche erkennen lassen, dass die Axenebene in der langen Diagonale der prismatischen Spaltbarkeit liegt, — das wichtigste Unterscheidungsmittel gegenüber den nach Stärke der Lichtbrechung, Winkelverhältnissen, Farbe und Pleochroismus oft sehr ähnlichen Durchschnitten des Titanit. Die Dispersion schwach

$\varrho > v$. — Der Pleochroismus ist deutlich, wenn auch nicht stark: c hyacinthroth ins Blutrothe, $\breve{a}$ und $\bar{b}$ gelblichroth, oft mit einem Stich ins Grünliche. Um Interpositionen herum ist dieser Pleochroismus oft auffallend stärker, als in der Hauptmasse des Minerals, obgleich ein Unterschied in der Intensität der Färbung im gewöhnlichen Lichte nicht wahrzunehmen ist.

Sp. G. = 3.4—3.8, stark schwankend mit der Menge der mancherlei Interpositionen; es ist um so höher, je reiner das Mineral ist. — Chemische Zusammensetzung kaum mit voller Sicherheit bekannt, annähernd wiederzugeben durch die Formel $FeAl_4Si_2O_{11}$, wobei ein kleiner Theil des Fe durch Mg vertreten wird. Wird von Säuren, auch von Flusssäure nicht angegriffen und ist daher leicht chemisch aus den Gesteinen zu isoliren. Von den dabei sonst isolirten Mineralien (Rutil, Disthen, Granat, Turmalin u. s. w.) trennt man ihn unschwer durch Benutzung des Eigengewichts und des Elektromagneten.

Der Staurolith ist, sobald er in grösseren Krystallen auftritt, stark durch Einlagerungen der mit ihm associirten Mineralien (Turmalin, Rutil, Glimmer, Disthen u. s. w.) verunreinigt. Besonders aber wird er von Quarzkörnern mit kranzartig geordneten dunklen Interpositionen einer kohligen Substanz massenhaft durchwachsen, die Menge derselben kann nahezu 50 % des Krystallraumes einnehmen. Die mikroskopischen Individuen pflegen dagegen weit reiner und oft vollständig frei von Beimengungen zu sein. — Zersetzungsproducte sind selten und treten gewöhnlich nur auf den Klüften der grösseren Krystalle auf; es scheint sich Chlorit und ein grüner Glimmer zu bilden.

Der Staurolith fehlt den Eruptivgesteinen vollständig; er ist ganz vorwiegend ein Mineral der Formation der krystallinen Schiefer, und wird hier sehr oft von Disthen, auch in gesetzmässiger Verwachsung, begleitet. Sehr häufig im Gneiss und Glimmerschiefer, scheint er dagegen die amphibolreichen Schiefer zu meiden. Angaben über das Auftreten desselben in diesen Gesteinen beruhen z. Th. auf Verwechslung mit Rutil.

Die künstliche Darstellung des Staurolith ist bisher nicht gelungen.

Kornerupin und Prismatin.

Literatur.

A. Sauer, Ueber eine eigenthümliche Granulitart als Muttergestein zweier neuer Mineralspecies. Z. D. G. G. 1886. XXXVIII. 704.

N. V. Ussing, Untersuchung der Mineralien von Fiskernäs in Grönland. Z. X. 1889. XV. 605.

Der Kornerupin wurde 1884 (Meddelelser om Grönland. VII. 19) von J. Lorenzen, der Prismatin von A. Sauer entdeckt. Das erstgenannte Mineral bildet Sillimanit-ähnliche parallel- oder radialstrahlige Aggregate, deren Stengel sich nur schlecht isoliren lassen und an denen nur selten Messungen möglich sind, der Prismatin bildet lange und oft fingerdicke Säulen, die einzeln oder in strahligen Gruppen im Gestein liegen. Beide sind rhombisch und haben in der Prismenzone die Flächen ∞P (110) und ∞P∞ (010). Terminale Flächen sind am Kornerupin nicht bekannt, am Prismatin (Brachydoma) nicht messbar. Letzterer zeigt hie und da auch ein abgeleitetes Prisma (hk o) ∞P$\breve{n}$. 110 : 1$\bar{1}$0 = 81° bei Kornerupin, 81° 31′ bei Prismatin.

Kornerupin und Prismatin spalten gut nach dem Grundprisma. H. = 6.5.

In beiden Mineralien liegt die Axenebene in ∞P∞ (100) und die Vertikalaxe ist spitze negative Bissectrix, das optische Schema also a = b, b = c, c = a. Der Axenwinkel ist klein, das Brechungsvermögen nicht hoch. Die Doppelbrechung ebenso. N. V. Ussing bestimmte für Na-Licht am

	α	β	γ	2 E
Prismatin	1.6691	1.6805	1.6818	65° 30′

Daraus ergiebt sich

$$\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.6771,\ \gamma-\alpha = 0.0127,\ \beta-\alpha = 0.0114,\ \gamma-\beta = 0.0013,$$

so dass basale Schnitte sehr schwach doppelbrechen. $\gamma - \alpha$ wurde direct mit dem Babinet'schen Compensator = 0.012 gefunden. Auch beim Kornerupin sind Querschnitte sehr schwach, Längsschnitte mässig doppelbrechend. 2E = 32° 30′, aber auch z. Th. viel kleiner (26°, 19°, 14°) und also schwankend. Die Dispersion ist schwach $\varrho < v$ bei Prismatin, nicht erkennbar bei Kornerupin.

Die Farbe im auffallenden Licht ist weiss bei Kornerupin, gelblichgrau bis bräunlich bei Prismatin. Im durchfallenden Licht ist ersterer farblos und ohne Pleochroismus, letzterer zeigt in nicht zu dünnen Schnitten a hellweingelb, b bräunlichgelb, c grünlich bis farblos.

Sp. G. = 3.273 bei Kornerupin, 3.341 bei Prismatin. Die chemische Zusammensetzung ist ähnlich in beiden Mineralien, doch enthält der Prismatin Alkalien, die im Kornerupin nach Lorenzen fehlen. Das Wasser geht erst bei hoher Temperatur fort.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	Na_2O	K_2O	H_2O	Sa.
Prismatin	30.89	43.06	—	6.28	15.08	2.04	0.79	1.36	99.50
Kornerupin	30.90	46.79	2.02	—	19.46	—	—	1.30	100.47

Der Kornerupin tritt mit grüner Hornblende und hellbräunlichem Gedrit, sowie etwas Cordierit, Anorthit und Glimmer auf in dem Sapphiringestein, welches bei Fiskernäs in Grönland Einlagerungen im Glimmerschiefer bildet. — Der Prismatin fand sich in einer, wesentlich aus Albit bestehenden Einlagerung im Granulit bei dem Bahnhof Waldheim in Sachsen in Gesellschaft von Granat und rothbraunem Turmalin. Er wandelt sich leicht, zumal äusserlich, in eine grünliche, mikroskopisch feinfasrige Substanz um, welche Sauer Kryptotil nannte und welche aus 48.43 SiO_2, 41.63 Al_2O_3, 2.13 MgO und 7.70 H_2O (Summa 99.89) besteht.

Gruppe der rhombischen Pyroxene.

Literatur.

Fr. Becke, Ueber die Unterscheidung von Augit und Bronzit in Dünnschliffen. T. M. P. M. 1883. V. 527.

Jos. Blaas, Petrographische Studien an jüngeren Eruptivgesteinen Persiens. T. M. P. M. 1880. III. 479 sqq.

H. Bücking, Bronzit vom Ultenthal. Z. X. 1883. VII. 502.

F. Fouqué, Sur l'hypersthène de la ponce de Santorin. Bull. Soc. min. Fr. 1878. III. 46.

J. A. Krenner, Ueber den Szaboit. Z. X. 1884. IX. 255.

H. Rosenbusch, Die Gesteinsarten von Ekersund. Nyt Mag. for Naturvid. XXVII. 1883.

— Ueber den Sagvandit. L. J. 1884. I. 195,

Fr. Svenonius, Bronzit från Frostvikens socken i Jämtland. Geol. För. i Stockholm Förhdlg. 1883. VI. 204.

G. Tschermak, Mikroskopische Unterscheidung der Mineralien der Augit-, Amphibol- und Biotitgruppe. S. W. A. 1869. LIX, 1. Abthl.

— Ueber Pyroxen und Amphibol. T. M. M. 1871. I. 17—21.

Br. Weigand, Die Serpentine der Vogesen. T. M. M. 1875. 183.

Die rhombischen Pyroxene treten in den Gesteinen in zweierlei Gestalt auf; sie bilden kurzsäulenförmige, rundum gesetzmässig begrenzte Krystalle von geringen, oft rein mikroskopischen Dimensionen in gewissen porphyrischen Ergussgesteinen der verschiedensten Formationen von der ältesten Zeit bis zur Gegenwart, und sie erscheinen in derben blättrigen Krystalloiden und Aggregaten von oft sehr bedeutenden, selten rein mikroskopischen Dimensionen in gewissen körnigen Tiefengesteinen von meistens höherem Alter, sowie in manchen Gliedern der Formation der krystallinen Schiefer.

Die säulenförmigen Kryställchen (Fig. 131 u. 132) zeigen, auf das Axensystem $\breve{a} : \bar{b} : \dot{c} = 0.97133 : 1 : 0.57000$ bezogen (also mit dem stumpfen Prismenwinkel vorn), in der Prismenzone herrschend $a = \infty P\breve{\infty}$ (100), $b = \infty P\breve{\infty}$ (010), untergeordnet $m = \infty P$ (110), an den Polen der Vertikalaxe $e = P2$ (212), $i = 2P2$ (211), $o = P$ (111), $k = \frac{1}{2}P\breve{\infty}$ (012). Der Werth des Prismenwinkels schwankt um 92°. Auf Schnitten nach $\infty P\breve{\infty}$ (100) schneiden sich die Polkanten von P2 (212) mit 148° 11′, die von 2P2 (211) mit 120° 38′; auf Schnitten nach $\infty P\breve{\infty}$ (010) schneiden sich die Polkanten derselben Formen mit 119° 11′, beziehungsweise 80° 52′. — Querschnitte durch die Kryställchen stellen sich als Quadrate mit abgestumpften Ecken, Schnitte aus der vertikalen Zone als Leistchen mit beiderseitiger Zuspitzung dar. Die Durchschnitte

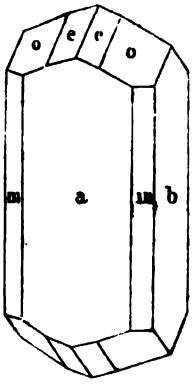


Fig. 131.

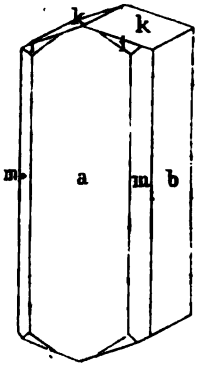


Fig. 132.

der derben Massen zeigen gewöhnlich keine gesetzmässige Umgrenzung und die Orientirung ist durch die Spaltbarkeit zu suchen; doch findet oft eine Annäherung an rechtwinklige Formen statt. — Zwillingsbildungen sind anscheinend recht selten. Bei den Krystallen der Porphyrite und Andesite findet man wohl Durchkreuzungen und knäuelartige Durchwachsungen, wobei die Individuen die Fläche $\infty P\breve{\infty}$ (010) gemein haben und nach makrodomatischen Flächen verzwillingt erscheinen. Aus der Neigung der vertikalen Axen würde sich mit einiger Wahrscheinlichkeit $P\breve{\infty}$ (101) als Zwillingsebene berechnen; doch scheinen auch andere Flächen der gleichen Zone als Zwillingsebene gelegentlich zu fungiren. Bei dem derben Bronzite der Norite, Peridotite und krystallinen Schiefer ist eine Zwillingsbildung nach $\frac{1}{2}P\breve{\infty}$ (014) jedoch keineswegs selten. Indessen

scheint diese letztere Zwillingsbildung eine secundäre, durch mechanische Ursachen bedingte zu sein, wie sich aus den Stauchungserscheinungen der verzwillingten Individuen in der unmittelbaren Nähe der Verwachsungsebene mit einiger Sicherheit erkennen lässt.

Die Spaltbarkeit geht bei allen rhombischen Pyroxenen parallel dem Prisma von etwa 92°; die Vollkommenheit dieser Spaltung wechselt, aber bei aufmerksamer Beobachtung wird man dieselbe im divergenten Lichte (man senke den Polarisator mit seiner Linse) stets wahrnehmen. In den Krystallen gehen im Querschnitt die dieser Spaltbarkeit entsprechenden Risse parallel den schmalen Abstumpfungsflächen der Pinakoidkanten. In den derben Massen der älteren Gesteine beobachtet man ausser dieser prismatischen Spaltbarkeit, welche meistens ziemlich rauhe und anastomosirende Risse liefert, stets eine vollkommenere Spaltbarkeit nach ∞P∞ (010); die derselben entsprechenden gewöhnlich recht scharfen und langanhaltenden Risse halbiren den stumpfen Winkel der prismatischen Spaltbarkeit. In den Krystallen der mesozoischen und jüngeren Ergussgesteine pflegt diese Spaltbarkeit meistens nur wenig bemerkbar zu sein, scheint sogar bisweilen nicht mikroskopisch in Erscheinung zu treten. Endlich zeigen die derben Massen weitere Spaltrisse, welche eine Theilbarkeit nach ∞P∞ (100) andeuten in meist unvollkommener Ausbildung, rauh, bald absetzend und in weiteren Abständen. Bei den Kryställchen der porphyrischen und Lavagesteine findet man nur selten Andeutungen dieser Spaltbarkeit. Die derben Massen sind demzufolge (Taf. IX Fig. 3) im Querschnitte von einem Doppelsystem sich je anscheinend rechtwinklig kreuzender Spaltrisse durchzogen, deren eines die Winkel des andern halbirt. In den Schnitten aus der Prismenzone gehen alle Spaltrisse parallel der vertikalen Axe. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die pinakoidalen Theilbarkeiten z. Th. Gleitflächen entsprechen und Folge des Gebirgsdruck sind, z. Th. durch Einlagerungen fremder Substanzen bedingt werden. — Ausserdem beobachtet man sowohl an den Krystallen, wie an den blättrigen Massen der rhombischen Pyroxene eine unregelmässige Zerklüftung annähernd senkrecht zur Vertikalaxe, welche trotz allgemeiner Verbreitung sicher keiner Spaltbarkeit entspricht. Die hierdurch hervorgebrachten Sprünge spielen eine grosse Rolle bei den Umwandlungsprocessen dieser Mineralien.

Die rhombischen Pyroxene werden je nach der Lage des Schnitts und nach dem Eisengehalte verschiedenfarbig durchsichtig. Der

Enstatit ist nahezu farblos bis graulich oder gelblich weiss, der Bronzit gelblich bis grünlich, der Hypersthen grün, hellröthlich oder braunroth durchsichtig. Der Brechungsexponent ist hoch und scheint mit dem Eisengehalt zu wachsen; daher die randlichen Totalreflexionen stark, die Oberfläche deutlich runzelig.

		α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\beta-\alpha$	$\gamma-\beta$	
Enstatit	Fundort?	1.665	1.669	1.674	0.009	0.004	0.005	Offret
Bronzit	Kupferberg		1.668					Des Cloizeaux
Hypersthen	Soggendal		1.7125					Sanger
„	Paulsinsel	1.7158		1.7270	0.0112			J. E. Wolff
„	Labrador	1.692	1.702	1.705	0.013	0.010	0.003	Michel-Lévy u. Lacroix

Die Doppelbrechung ist schwächer für die eisenarmen Glieder der Reihe. Demgemäss sind die Interferenzfarben beim Enstatit und Bronzit niedrig; sie gehen nicht über das Gelb I. Ordnung hinaus, beim Hypersthen merklich höher, sie erreichen in nicht zu dünnen Schliffen schon das Roth I. Ordnung.

Die Auslöschungsrichtungen liegen in den Hauptzonen parallel zu den pinakoidalen, diagonal zu den prismatischen Spaltbarkeiten, wie das dem rhombischen System entspricht. Die vertikale Axe ist Axe kleinster Elasticität, die Brachydiagonale solche grösster Elasticität, also das Schema $c = c$, $a = a$, $b = b$. Dementsprechend liegt die Ebene der optischen Axen stets im Brachypinakoid, der vollkommenen pinakoidalen Spaltbarkeit. Der Winkel der optischen Axen ändert sich bedeutend und zwar wesentlich mit dem Eisengehalt, worauf Tschermak zuerst aufmerksam machte; bei den Enstatiten und Bronziten ist die vertikale Axe spitze Bissectrix, sie sind optisch positiv, bei den Hypersthenen ist $\breve{a}$ die spitze Bissectrix, sie sind negativ. Wegen des starken Brechungsexponenten muss man in Oel beobachten. Folgende Tabelle zeigt deutlich die Abnahme des negativen Axenwinkels mit zunehmendem Eisengehalt.

Negativer Axenwinkel in Oel	FeO + MnO	Fundort	
133° 8′	2.76 %	Enstatit	Mähren Des Cloizeaux
123° 38′	5.77	Bronzit	Leiperville „ „
114° 15′	11.14	„	Grönland „ „
112° 30′	8.42	„	Balsfjord Rosenbusch
106° 51′	9.86	„	Kraubat Tschermak
101° 30′	10.62	„	Lauterbach Des Cloizeaux
98°	13.58	„	Meteorit Breitenbach v. Lang.
98° 22′	15.14	Hypersthen	Farsund Des Cloizeaux
85° 39′	22.59	„	Labrador „ „
59° 20′	33.6	„	Mont Dore Krenner

Die Dispersion ist ziemlich schwach $\varrho < v$ für die eisenarmen, stärker $\varrho > v$ für die eisenreichen Glieder der Reihe um die negative Bissectrix.

Der Pleochroismus wechselt mit dem Eisengehalt. Er ist kaum oder gar nicht wahrnehmbar bei den Enstatiten und eisenarmen Bronziten; bei den eisenreicheren Bronziten ist die Farbe des parallel $\dot{c}$ schwingenden Strahles graugrünlich, die parallel $\breve{a}$ und $\bar{b}$ schwingenden Strahlen sind ziemlich gleichmässig gelblich bis graugelblich. Bei dem Hypersthen ist $\breve{a}$ = röthlichbraun, $\bar{b}$ = röthlichgelb, $\dot{c}$ = grün; die Absorption wenig prononcirt. Mit abnehmender Dicke der Präparate nimmt der Pleochroismus rasch an Intensität ab; doch dient er selbst in sehr dünnen Schliffen bequem zur Orientirung. Die Axenebene liegt stets in der Ebene des grünen und

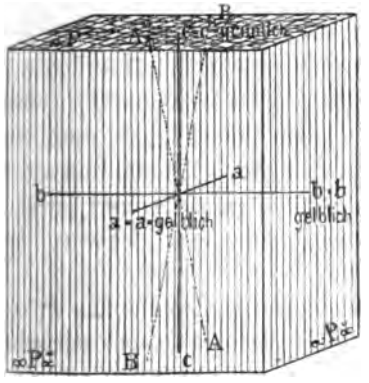


Fig. 133.

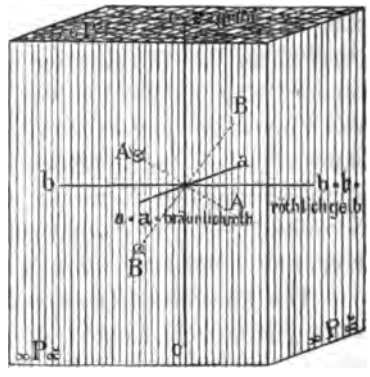


Fig. 134.

bräunlichrothen Strahles, man erhält demnach die Interferenzbilder in den weniger stark pleochroitischen Durchschnitten und die Axenbalken liegen dann parallel der vollkommenen pinakoidalen Spaltbarkeit. — Die Fig. 133 u. 134 fassen die besprochenen Phänomene der Spaltbarkeit und optischen Orientirung graphisch und schematisch zusammen. Zur Unterscheidung von den monoklinen Pyroxenen sei besonders darauf verwiesen, dass die Blättchen nach der vollkommensten pinakoidalen Spaltbarkeit keine Interferenzbilder geben (Bastit lässt auf denselben die spitze Bissectrix, Diallag eine Axe schief im Gesichtsfelde austreten) und dass die Interferenzfarben wegen der geringeren Doppelbrechung bedeutend niedriger sind, als bei dem monoklinen Pyroxen. Querschnitte, in denen die Prismenspaltbarkeit rechte Winkel zeigt, geben bei den rhombischen Pyro-

xenen einen Bissectricenaustritt, zeigen bei den monoklinen eine Axe. Schnitte aus der Zone vorn oben geben im convergenten Lichte einen Axenbalken parallel der guten monotomen Spaltbarkeit bei den rhombischen Pyroxenen, senkrecht zu dieser bei dem Diallag. Isolirte Kryställchen und Spaltstücke geben auf allen Flächen der Spaltungszone gerade Auslöschungen bei den rhombischen, bald gerade, bald schiefe bei den monoklinen Pyroxenen.

Die Härte beträgt bei Enstatit und Bronzit 5.5, bei Hypersthen 6. — Das specifische Gewicht wächst von Enstatit mit 3.1 bis 3.5 bei Hypersthen mit dem Eisengehalt. — Die rhombischen Pyroxene sind isomorphe Mischungen von $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$; in unbedeutender Menge tritt daneben $MnSiO_3$, $CaSiO_3$ und $MgAl_2SiO_6$ auf. Man nennt die Mischungen, in welchen der Gehalt an FeO nicht über 5 % beträgt, Enstatit, solche mit bis zu 14 % FeO Bronzit, die eisenreicheren Hypersthen. Diese Grenzen sind durchaus willkürliche, der optische Charakter des Hypersthen beginnt bereits bei den Mischungen mit etwa 10 % FeO. — Die rhombischen Pyroxene werden von Säuren im Allgemeinen nicht, selbst von Flusssäure nur schwer angegriffen. Sie geben mit Kieselflusssäure reichlich die rhomboëdrischen, stark lichtbrechenden und stark doppelbrechenden Krystalle von Kieselfluormagnesium und Kieselfluoreisen. — Die eisenarmen Mischungen sind sehr schwer, der Hypersthen leichter schmelzbar.

Die künstliche Darstellung der eisenarmen rhombischen Pyroxene gelang wohl zuerst Daubrée* durch Krystallisation aus Schmelzfluss; ebenso erhielten ihn Fouqué und Michel-Lévy** im Gemenge mit Olivin, und Cossa***.

Die derben, nur selten deutliche Krystallbegrenzung zeigenden, Enstatite und Bronzite treten in den Noriten, Gabbros, körnigen Peridotiten und anderen Spaltungsproducten der Gabbromagmen, sowie in den daraus abgeleiteten Serpentinen und in den olivinfelsartigen älteren Ausscheidungen basaltischer Gesteine auf†. Ebenso finden sie sich in den olivinreichen Gliedern der Formation der krystallinen Schiefer und den daraus hervorgegangenen Serpentingesteinen. Sie bilden gelegentlich selbständige Gesteinsmassen in der Schieferformation

* C. R. 1866. LXII. 290 u. 669.

** Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 279.

*** Atti R. Accad. dei Lincei. (3.) II. 5. Mai 1878.

† Trippke, Ueber den Enstatit aus den Olivinknollen des Gröditzberges. L. J. 1878. 673—681.

oder associiren sich mit magnesiareichen Carbonaten und Chromit zu eigenthümlichen Lagermassen. In hohem Grade charakteristisch, wenn auch nicht constant, ist in diesen Bronziten und Enstatiten eine fasrige Structur, welche durch die parallele Verwachsung sehr dünner zahlloser Säulchen zu grossen Krystalloiden bedingt zu sein scheint (Taf. XVI Fig. 4). Die einzelnen stets parallel der Prismenaxe langgestreckten Säulchen berühren sich dabei oft nicht vollständig, sondern lassen zwischen sich langgestreckte cylindrische Hohlräume, welche vielfach secundär mit Eisenerzen erfüllt sind. In Längsschnitten ist es nicht immer leicht, diese leeren Röhren von körperlichen Einschlüssen zu unterscheiden, da sie wegen des hohen Brechungsexponenten der Wirthe dunkel erscheinen. Ausserdem enthalten die eisenreicheren Glieder der Bronzitreihe dieselben Täfelchen und Stäbchen von metallischem bis halbmetallischem Habitus, welche für die derben Hypersthene so sehr charakteristisch sind, in der gleichen Anordnung, wie letztgenanntes Mineral. Einschlüsse von Magnetit, Chromit, Picotit und andern älteren Begleitern kommen häufig, solche von Flüssigkeiten recht selten vor. — Ueberaus verbreitet ist die lamellare Verwachsung von derbem Enstatit und Bronzit mit monoklinen Pyroxenen (Taf. XVI Fig. 5), welche oft erst im polarisirten Lichte wahrnehmbar wird. Die rhombischen und monoklinen Lamellen sind dabei derart zu einander geordnet, dass die Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (010) der letzteren mit $\infty P\bar{\infty}$ (100) der ersteren zusammenfällt, d. h. die spitzen und stumpfen Prismenwinkel haben in beiden Mineralien je die gleiche Lage. Als Verwachsungsebene dient $\infty P\bar{\infty}$ (010) oder eine Fläche von ∞P (110), wovon man sich leicht durch Senken des Objectivs bei der Beobachtung von Schliffen nach der zweiten pinakoidalen Spaltfläche überzeugt. Die Lamellengrenzen setzen hier bald vertikal, bald schräg ein. Da die orthodiagonale Zone der monoklinen Lamellen mit der brachydiagonalen der rhombischen zusammenfällt, so findet in den Schnitten der letzteren die Auslöschung gleichzeitig in beiden Mineralien statt und die Verwachsung ist im parallelen polarisirten Lichte hier nicht wahrnehmbar. Dagegen liegt auf Schnitten, welche die stumpfe Prismenkante abstumpfen oder die Lage eines Prismas haben, die Auslöschung parallel der Spaltbarkeit in den rhombischen, schief zu dieser (bis zu 42°) bei den monoklinen Lamellen. Die Verwachsung geht bis zu vollständiger gegenseitiger Durchdringung und die Lamellen können bis zu unmessbarer Dünne herabsinken. Durch Zerdrücken eines Präparats gelingt es

leicht, die zweierlei Lamellen zu trennen; es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass die Anwesenheit dieser lamellaren Verwachsung die Theilbarkeit nach dem zweiten Pinakoid stark zu beeinflussen vermag.

In wohl ausgebildeten Krystallen finden sich Enstatit und Bronzit in vielen porphyritischen Gesteinen des Carbon, des Perm und der Trias (Cheviots, Saar-Nahe-Gebiet, Alpen), wohl stets begleitet von monoklinem Pyroxen, seltener neben Amphibol und Biotit, sowie in Trachyten und Andesiten der Tertiärperiode (Ungarn-Siebenbürgen, Steiermark u. s. w.) und in recenten Laven (Krakatau). Die Mikrostructur dieser Vorkommnisse weicht gänzlich ab von derjenigen der älteren derben. Es fehlt der parallele Aufbau aus kleinen Individuen und damit die fasrige Structur, sowie die Röhren parallel der Vertikalaxe; ebenso vermisst man die lamellare Durchdringung mit monoklinen Augiten, wenngleich parallele Verwachsung von einzelnen Krystallen beider auch hier vorkommt, theils als laterale Juxtaposition, theils als Umwachsung der rhombischen Krystalle durch monokline. Auch mikrolithische Täfelchen fehlen. Dagegen sind Glaseinschlüsse von rundlicher Gestalt oder in der Form der Wirthe häufig und charakteristisch.

Durchaus eigenartig ist die radialfasrige Aggregation der Bronzite und Enstatite in manchen Chondren der Meteorite.

Enstatit und Bronzit sind verhältnissmässig wenig widerstandsfähig gegen die in der Natur vorkommenden Reagentien. Die derben Vorkommnisse wandeln sich unter deren Einfluss in parallelfasrige Aggregate um, ein Process, welcher von den Querrissen und Spaltdurchgängen her beginnt. Die Umwandlungsproducte sind Bastit und Serpentin*. Weit seltener ist die zuerst von Brögger und vom Rath** beschriebene Ueberführung in Talk. — Die bastitische Umwandlung ist auch bei den Krystallen der porphyrischen und andesitischen Gesteine nicht selten (Taf. XVI Fig. 6); in diesen schreitet der Process jedoch gern vor bis zur Zerstörung der Silikate. Es entstehen dann Pseudomorphosen eines Gemenges von Carbonaten mit Limonit und Quarz.

Der Hypersthen bildet in den basischeren Gliedern der Tiefengesteine (Gabbro, Norit) derbe Massen ohne deutliche kry-

---

* R. von Drasche, Ueber Serpentin und serpentinähnliche Gesteine. T. M. M. 1871. 1—12.

** W. C. Brögger und G. vom Rath, Ueber grosse Enstatitkrystalle von Kjörrestad im Kirchspiel Bamle im südlichen Norwegen. B. M. 26. Okt. 1876.

stalline Begrenzung und erscheint in den mesozoischen Porphyriten, den tertiären und recenten Trachyten, Andesiten und Laven in dünnen prismatischen Krystallen. Es ist zu betonen, dass er den normalen Gliedern der Formation der krystallinen Schiefer gänzlich zu fehlen scheint; wo wir ihn (in Trappgranuliten, Labradorfelsen und Amphiboliten) antreffen, da fehlt es nicht an Veranlassung, die Gesteine als regional-metamorphe Eruptivmassen zu betrachten. — Die derben Hypersthene der Gabbros und Norite besitzen gelegentlich, aber doch weit seltener, die von Parallelverwachsung dünner Säulchen herrührende vertikale Faserung der Bronzite, sowie die gleiche lamellare Verwachsung und Durchdringung mit monoklinem Pyroxen. Auch mit Hornblendelamellen ist der Hypersthen wohl derart gesetzmässig verwachsen, dass die Flächen $\infty P\bar{\infty}$ (100) des ersten Minerals mit den Flächen $\infty P\bar{\infty}$ (010) des zweiten zusammenfallen. — Der derbe Hypersthen enthält neben den älteren mit ihm associirten Mineralien (Magnetit, Apatit, Zirkon, Olivin, Biotit) ausserordentlich häufig, man kann fast sagen constant, wenn auch in wechselnder Menge, tafelförmige mikrolithische Interpositionen. Dieselben liegen mit der Tafelfläche parallel der Hauptspaltfläche $\infty P\bar{\infty}$ (010) des Hypersthen in drei verschiedenen Richtungen. Es sind annähernd rhombisch, fast rectangulär oder unregelmässig, sehr selten durchaus geradlinig begrenzte Blättchen, die durch Abnahme der einen herrschenden Dimension in kurze Säulchen übergehen und also auf allen nicht zur Hauptspaltfläche nahezu parallelen Schnitten als sehr schmale undurchsichtige Leistchen oder Punkte erscheinen. Ihre Farbe ist je nach ihrer Dicke dunkelbraun bis opak, rothbraun, hellbraun, gelblich, graulichweiss bis fast farblos. Die opaken dickeren Blättchen zeigen metallischen Habitus und selbst bei den gut durchsichtigen bleibt der Habitus halbmetallisch im reflectirten Lichte. Farbe und Durchsichtigkeit wechseln mit der Dicke oft an ein- und demselben Blättchen. Diesen Täfelchen und Säulchen, denen der Hypersthen, sowie der Bronzit und Diallag, den metallischen Schimmer der Hauptspaltfläche verdanken, liegen mit ihrer Längsrichtung grösstentheils senkrecht zur Vertikalaxe, in geringerer Zahl parallel zu dieser oder um etwa 30° zu derselben geneigt (Taf. VI Fig. 6). Auffallenderweise ist das letzte System von Blättchen immer nur einseitig, nicht, wie man erwarten sollte, in symmetrischer Wiederkehr auf der andern Seite von c vorhanden. Im reflectirten Lichte zeigen diese Täfelchen wegen ihrer geringen Dünne die lebhaftesten Newton'schen

Farben. Eine durchaus zuverlässige Deutung dieser Mikrolithe ist bisher nicht gelungen; Kosmann, sich auf den analytisch nachgewiesenen Gehalt des Hypersthens an TiO_2 stützend, hält sie für Brookit; Trippke, der in demselben, ebenso wie Kosmann, secundäre Infiltrationsproducte sehen zu sollen glaubt und sie im Diallag als isotrop zu erkennen glaubte, spricht sie für Opal an und führt ihre Begrenzung auf Formen des Wirths zurück. Es dürfte sachentsprechender sein, dieselben als primäre Interpositionen zu betrachten und sie für Titaneisen zu halten.

Die Hypersthenprismen der mesozoischen und jüngeren Ergussgesteine haben nicht die Mikrostructur der derben Massen der älteren granitisch-körnigen Felsarten, sondern besitzen durchaus das Verhalten der geologisch-äquivalenten Bronzitkrystalle; sie umschliessen jedoch bisweilen äusserst feine Nädelchen von metallischem Habitus, die in den Bronziten zu fehlen pflegen. Die weite Verbreitung der Bronzite und Hypersthene in den porphyritischen, trachytischen und andesitischen Ergussgesteinen haben besonders neben den oben citirten die Arbeiten von Niedzwiedzki*, Petersen**, Teall***, Teller und John†, Cross und Hillebrand††, Hague und Iddings†††, H. H. Reusch*†, Fr. Becke**†, Y. Kikuchi***† u. A. dargethan. — In krystallinen Schiefern ist Hypersthen ziemlich selten, aber dann bisweilen in mehr oder wenig gut ausgebildeten Krystallen vorhanden.

* J. Niedzwiedzki, Andesit von St. Egidi in Steiermark. T. M. M. 1872. 253.

** J. Petersen, Mikroskop. u. chem. Untersuchungen am Enstatitporphyrit aus den Cheviot Hills. Kiel. 1884.

*** J. J. H. Teall, On the Cheviot Andesites and Porphyrites. Geol. Mag. (2.) X. 1883. No. 225. 226 u. 228.

† F. Teller und C. von John, Geologisch-petrographische Beiträge zur Kenntniss der dioritischen Gesteine von Klausen in Süd-Tyrol. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt. 1882. XXXII. 589—684.

†† Ch. W. Cross, On hypersthene andesite. Amer. Journ. 1883. XXV. No. 146. 139—144.

††† Arn. Hague and Jos. P. Iddings, Notes on the volcanic rocks of the Great Basin. Amer. Journ. 1884. XXVII. No. 162 und Notes on the volcanoes of Northern California, Oregon and Washington Territory. Ibidem. 1883. XXVI. September. 222—235.

*† H. H. Reusch, Vulkanische Asche von den letzten Ausbrüchen in der Sundastrasse. L. J. 1884. I. 45.

**† In H. Abich, Geologische Forschungen in den Kaukasusländern. II. Wien. 1882. 329—364.

***† Y. Kikuchi, On pyroxenic components in certain volcanic rocks from Bonin Island. Journal of the College of Science. Imperial University. Japan III. 67.

Der Hypersthen widersteht weit kräftiger der Zersetzung als die Bronzite und Enstatite; man kennt eine bastitische Umwandlung von demselben nur in sehr geringer Verbreitung. Die Zersetzung in Limonit ist bei den sehr eisenreichen Vorkommnissen der Andesite nicht gerade selten. Höchst interessant ist die Thatsache, dass der Hypersthen der Gabbrogesteine überaus oft in Amphibol (Strahlstein und gemeine Hornblende) umgewandelt erscheint; es ist das derselbe Vorgang, welchen man am Diallag längst kennt, den aber am Hypersthen zuerst G. H. Williams* wahrnahm. Der Process scheint ausschliesslich ein Act dynamometamorpher Gesteinsumwandlung zu sein.

Anhang. Bei der Umwandlung des Enstatit und Bronzit zu Bastit, welche mit einer Wasseraufnahme beginnen dürfte, scheinen sehr rasche Veränderungen in dem Elasticitätsellipsoid dieser Mineralien sich zu vollziehen und zwar vertauschen sich die mit den horizontalen Axen zusammenfallenden Elasticitätsaxen. Dadurch wird das optische Schema $c = c$, $a = b$, $b = a$; die Axenebene steht nun senkrecht auf der Hauptspaltbarkeit nach dem Brachypinakoid, liegt im Makropinakoid und die Makrodiagonale ist negative Bissectrix. Der Axenwinkel pflegt ziemlich gross zu sein, schwankt aber beträchtlich in Spaltblättchen, welche derselben Stufe entnommen wurden. Ein solches Product der beginnenden Umwandlung von Enstatit oder Bronzit in Bastit ist der Diaklasit Hausmann's von der Baste bei Harzburg. Die Spaltflächen des Minerals, welches durchaus den Bau der Muttersubstanz bewahrt, nehmen einen metallischen Glanz bei fast messinggelber Farbe an; die Härte und das specifische Gewicht sinken. Tschermak (T. M. M. 1871. 20) fand die optische Orientirung des Diaklasit auch an dem von Streng als Protobastit beschriebenen Mineral von Harzburg, welches in seinen andern Eigenschaften mit dem Enstatit übereinstimmt. An Spaltflächen eines vollkommen frischen Enstatit von Harzburg fand ich die normale optische Orientirung der rhombischen Pyroxene mit geringem Eisengehalt. — So leicht die Unterscheidung der veränderten Enstatite und Bronzite von den frischen dadurch ist, dass auf Spaltblättchen der ersteren eine Bissectrix austritt, auf solchen der letzteren nicht, so unsicher ist die Unterscheidung des Diaklasit und des Bastit. Man trennt und unterscheidet sie am bequemsten

* G. H. Williams, Preliminary notice of the Gabbros and associated hornblende rocks in the vicinity of Baltimore. John Hopkins University circulars. 1884. No. 30.

durch die Untersuchung des specifischen Gewichts, welches beim Bastit = 2.74, beim Diaklasit über 2.8 ist.

Bastit.

Literatur.

R. von Drasche, Ueber Serpentine und serpentinähnliche Gesteine. T. M. M. 1871. 10—12.

E. Reusch, Ueber das Schillern gewisser Krystalle. Pogg. Ann. 1863. CXX. 115.

G. Tschermak, Ueber die mikroskopische Unterscheidung der Mineralien aus der Augit-, Amphibol- und Biotitgruppe. S. W. A. 1869. LIX. 1. Abth. 1—12.

— Ueber Pyroxen und Amphibol. T. M. M. 1871. 20.

Ch. E. Weiss, Beobachtungen und Untersuchungen über den Schillerspath von Todtmoos. Pogg. Ann. 1863. CXIX. 459.

Der Bastit oder Schillerspath ist eine Pseudomorphose nach einem rhombischen Pyroxen von geringem Eisengehalte. Er hat daher keine eigene Krystallgestalt, sondern erscheint ausnahmslos in den Formen des Enstatit und Bronzit; demgemäss findet man ihn derbe in blättrigen Krystalloiden mit deutlicher vertikaler Faserung in den granitisch-körnigen Massengesteinen und ihren Derivaten, in prismatischen Krystallen in den porphyrischen oder andesitischen Gesteinen, welche im frischen Zustande Bronzit und Enstatit führen. Auch diese Prismen zeigen eine sehr ausgesprochene Vertikalfaserung und zufolge der von den Quersprüngen des Mutterminerals beginnenden Umwandlung durchsetzen die Fasern meistens nicht den ganzen Krystall, sondern immer nur einen zwischen zwei Quersprüngen liegenden Theil desselben (Taf. XVI Fig. 6). Bei der Umwandlung der derben Bronzite zu Bastit bleiben die Mikrostructur des Mutterminerals und dessen Einschlüsse meistens vollkommen erhalten, während die in den Bronzitkrystallen der porphyrischen und andesitischen Gesteine so häufigen Glaseinschlüsse durch den Umwandlungsprocess zerstört zu werden pflegen. Auf den Quersprüngen, also zwischen den einzelnen Systemen von Bastitfasern, sammeln sich gern Eisenerze (Magnetit, Limonit), welche wohl von dem Eisengehalte des Mutterminerals herstammen dürften; in andern Fällen sind die Intervalle der Bastitfasersysteme von verworren fasrigem Serpentin ausgefüllt.

Der Bastit hat die Spaltbarkeit der Mutterminerale nach dem Brachypinakoid in noch höherer Vollkommenheit als diese, dagegen pflegt die Spaltbarkeit nach ∞P (110) weniger deutlich erkennbar zu sein. Auf der Spaltfläche ist der Glanz metallähnlich bei den derben, mehr seidenartig bei den gut auskrystallisirten Varietäten

der porphyrischen und andesitischen Gesteine. Die Härte ist geringer, als bei den Muttermineralien, 3.5—4.

Der Bastit wird mit hellgelblichen oder hellgrünlichen Farben durchsichtig und verhält sich optisch meist vollkommen einheitlich. Die Auslöschungen liegen in den Längsschnitten parallel und senkrecht zur Faseraxe. Stehen die Fasern nicht genau parallel, dann ist natürlich kein einheitliches optisches Verhalten möglich. Die Axenebene liegt im makrodiagonalen Hauptschnitt und b ist negative Bissectrix; es zeigen daher Spaltblättchen im convergenten Lichte das Axenbild rhombischer Krystalle, die senkrecht zur spitzen Bissectrix geschnitten wurden. Die Grösse des Axenwinkels schwankt in sehr weiten Grenzen, von 20° bis nahezu 90° und man muss daher die Spaltblättchen bisweilen in Oel legen, um die Axenbilder übersehen zu können. Dispersion $\varrho > v$. Der mittlere Brechungsexponent ist niedriger als bei Bronzit, etwa 1.5—1.6. Die Doppelbrechung schwach. — Der Pleochroismus ist schwach; die parallel der Faserung schwingenden Strahlen werden am stärksten absorbirt, doch bedarf es schon etwas dickerer Präparate, um diesen Unterschied wahrnehmen zu können. — Das Verhalten im convergenten Lichte ist das sicherste Unterscheidungsmerkmal gegen die Muttermineralien; über die Diagnose gegenüber dem Diaklasit vgl. diesen. Das optische Schema des Bastit giebt Fig. 135. — Mit dem Bronzeschiller auf der Hauptspaltfläche und ihrer Ursache beschäftigt sich die Arbeit von E. Reusch; er nimmt an, dass aus dem Innern der Krystalle kommendes gebeugtes Licht die Erscheinung bedinge.

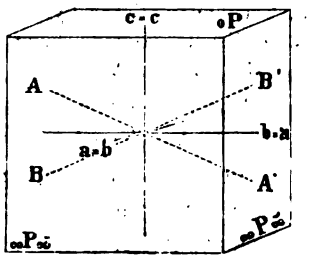


Fig. 135.

Spec. Gew. = 2.6—2.8, also bedeutend niedriger als bei Enstatit, Bronzit und Diaklasit. — Die chemische Zusammensetzung des reinen Bastit scheint diejenige des Serpentin zu sein, also $H_4Mg_3Si_2O_9$ mit wechselnder Vertretung des Mg durch Fe; kleine Quantitäten von Chrom sind auf Einschlüsse von Chromit oder Picotit zurückzuführen. Durch Glühen wird der Bastit trübe und schmutzig grauschwarz bis bräunlich. Mit Salzsäure gelatinirt er schwer, mit Schwefelsäure leicht, zumal bei erhöhter Temperatur.

Der Bastit hat keine selbständige geologische Stellung; er ist stets secundär und ersetzt den Enstatit und Bronzit. Die Umbildung

scheint in hohem Grade durch die gleichzeitige Anwesenheit des Olivin und dessen Umwandlung zu Serpentin befördert zu werden: daher die Häufigkeit des Bastit in den Serpentinen. — Ob auch andere Pyroxene, wie Diallag, der Umwandlung zu Bastit fähig sind, ist noch nicht mit voller Sicherheit dargethan, aber recht wahrscheinlich.

Gruppe der rhombischen Amphibole.

Literatur.

A. Lacroix, Sur les anthophyllites. C. R. 1886. CII. 1329.

S. L. Penfield, Anthophyllite from Franklin, Macon Co., N.-Y. Amer. Journ. 1890. XL. 394.

Hj. Sjögren, Förekomsten af Gedrit såsom väsendtlig beståndsdel i några norska och finska bergarter. Kongl. Vetensk. Akad. Förhandl. Stockholm. 1882. No. 10. 5—11.

G. Tschermak, Ueber Pyroxen und Amphibol. T. M. M. 1871. 37.

N. V. Ussing, Untersuchung der Mineralien von Fiskernäs in Grönland. Z. X. 1890. XV. 609.

Die rhombischen Amphibole, welche gesteinsbildend auftreten, sind der Anthophyllit und der Gedrit. Beide erscheinen in stengligen und blättrigen Aggregaten, welche nur sehr selten terminale, dagegen öfters eine krystallographische Begrenzung in der Prismenzone durch $\infty P\bar{\infty}$ (100) und ∞P (110) zeigen. Der Prismenwinkel schwankt um 125°. Demgemäss sind die Durchschnitte unregelmässig, parallel der Prismenaxe leistenförmig bis breittafelartig, senkrecht dazu oft sechsseitig oder bei fehlendem $\infty P\bar{\infty}$ (100) spitzrhombisch. Der Aufbau der grösseren derben Massen aus einzelnen, meist sehr dünnen prismatischen Individuen bedingt eine feine vertikale Streifung, welche ganz analog derjenigen bei Bronzit und Enstatit ist; zufolge der oft nicht genau parallelen Verwachsung der Einzelindividuen zeigen die vertikalen Streifen mehr oder weniger divergenten Verlauf, der in einzelnen Fällen zu fast radialer Anordnung wird.

Die Spaltbarkeit geht sehr vollkommen nach $\infty P\bar{\infty}$ (100), vollkommen nach ∞P (110) und meistens vereinzelte, aber immerhin scharfe Risse deuten auf eine unvollkommenere Spaltbarkeit nach $\infty P\bar{\infty}$ (010)*. Ausserdem pflegt eine Querabsonderung nach einer annähernd oP (001) entsprechenden Fläche wahrnehmbar zu sein, die aber nie ganz geradflächig ist. In Schnitten der Prismenzone

* Penfield fand die Spaltbarkeit nach (010) sehr vollkommen, die nach (100) wenig gut am Anthophyllit von Franklin.

liegen alle Spaltrisse parallel, senkrecht zu dieser bilden sie spitze Rhomben von 55°—56° mit diagonalen Querspalten. In gegen oP (001) geneigten Schliffen ändert sich mit der Lage der Spaltwinkel natürlich von 56° bis 0°. In manchen Vorkommnissen erkennt man in Längsschnitten überdiess ein oder zwei Systeme wellig und wenig scharf verlaufender Spaltrisse, welche gegen die Vertikalaxe unter einem recht spitzen Winkel geneigt und wahrscheinlich durch mechanische Deformationen bedingt sind.

Die rhombischen Amphibole werden je nach ihrem Eisengehalte fast farblos bis gelblich und röthlichbraun, auch wohl gelblichgrün durchsichtig. Den mittleren Brechungsexponenten bestimmte Des Cloizeaux $\beta_\varrho = 1.636$. Die Doppelbrechung ist stark und daher die Interferenzfarbe in den nicht nahezu senkrecht zu einer optischen Axe gelegenen Schliffen hoch; auch in recht dünnen Schliffen erhält man noch rothe, blaue und grüne Farben; das unterscheidet das Mineral in Längsschnitten gut von den rhombischen Pyroxenen. — Die Ebene der optischen Axen liegt im Brachypinakoid und Spaltblättchen nach $\infty P\infty$ (100) geben in Oel immer ein Axenbild mit normalem Bissectricenaustritt. Das optische Schema $a = a$, $b = b$, $c = c$. Bei einigen Vorkommnissen (Anthophyllit) ist c die spitze Bissectrix, der Charakter der Doppelbrechung also positiv, und $2H_a$ etwa $= 81°—82°$, bei andern Vorkommnissen und zwar, wie man annahm, besonders bei den thonerdereichen (Gedrit) ist a spitze Bissectrix, der Charakter also negativ und $2H_a$ wechselt von 47°—82° selbst an Spaltblättchen desselben Vorkommens. Die Dispersion ist unabhängig von dem Charakter der Doppelbrechung $\varrho < v$ um c, $\varrho > v$ um a, bisweilen recht schwach, in andern Fällen sehr deutlich. Penfield bestimmte am Anthophyllit von Franklin $2V_{li} = 90° 4'$, $2V_{na} = 88° 46$, $2V_{ti} = 87° 28'$ um die negative Bissectrix und berechnete aus den gemessenen stumpfen und spitzen Axenwinkeln $\beta_{li} = 1.6276$, $\beta_{na} = 1.6353$, $\beta_{ti} = 1.6495$; das Mineral war also optisch positiv für rothes, negativ für gelbes und grünes Licht. An Prismen gemessen wurde $\gamma_{na} = 1.6404$, $\beta_{na} = 1.6301$, und hieraus und V gerechnet $\alpha_{na} = 1.6288$. — A. Michel-Lévy und Lacroix geben für Anthophyllit von Kongsberg $\alpha = 1.633$, $\beta = 1.642$, $\gamma = 1.657$. — Ussing fand am Gedrit von Fiskernäs den negativen Axenwinkel $2V = 78° 33'$ für rothes Licht und mass für dasselbe an Prismen $\gamma = 1.644$, $\beta = 1.636$, woraus in Verbindung mit V sich ergiebt $\alpha = 1.623$. Die Grösse der Doppelbrechung ist darnach auf den drei Pinakoiden

	$\gamma-\alpha$	$\beta-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$	
Anthophyllit Franklin	0.0116	0.0013	0.0103	1.6331	} gelb
„ Kongsberg	0.024	0.009	0.015	1.644	
Gedrit Fiskernäs	0.021	0.013	0.008	1.634	roth

Die Form der Elasticitätsellipsoide wäre darnach auffallend verschieden.

Die Beziehungen zwischen Axenwinkel und chemischer Constitution ergeben sich aus folgender Tabelle von Ussing mit Zufügung der Daten Penfield's:

	Gedrit Ver. Staaten	Gedrit Gèdres	Anthoph. Kongsberg	Anthoph. Franklin	Gedrit Fiskernäs	Gedrit Bamle
SiO_2	46.74	43.58	55.16	57.98	46.18	51.80
Al_2O_3	13.70	17.07	2.65	0.63	21.78	12.40
$FeO+MnO$	28.09	15.96	15.04	10.70	2.77	3.67
MgO	8.76	18.30	23.19	28.69	25.05	27.60
Glühverlust + Alkalien und Wasser	1.90	3.92	2.38	1.67	3.67	4.44
	99.19	98.82	98.42	99.67	99.45	99.91
$+2V_\varrho$	74° 0′	74° 33′	80° 2′	91° 14′	101° 27′	123° 20′

Der Pleochroismus ist abhängig von der Tiefe der Färbung; die parallel der Prismenaxe schwingenden Strahlen sind hellgelbbraun oder grünlich bis farblos, die senkrecht dazu schwingenden nelkenbraun. Absorption $c < a = b$. Das optische Schema giebt Fig. 136.

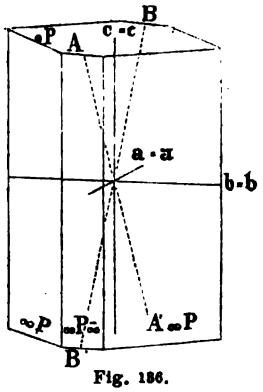


Fig. 136.

H. = 5.5. Sp. G. = 3.15—3.24, doch bestimmte Pisani dasselbe an einem Gedrit von Bamle zu 2.98; Ussing an Gedrit von Fiskernäs zu 3.100. — Nach der chemischen Zusammensetzung unterscheidet man bei den gesteinsbildenden rhombischen Amphibolen den Anthophyllit und den Gedrit. Der Anthophyllit ist (Mg, Fe) SiO_3, der Gedrit enthält ausserdem eine thonerdehaltige Molekularverbindung in wechselnder Menge. Der Gehalt an Al_2O_3 steigt bis zu 22 %. Sorgfältige neuere Analysen ergaben einen Gehalt an Constitutionswasser von über 1.5 %. Säuren greifen den Anthophyllit und Gedrit nicht merklich an. Spaltblättchen sind nur sehr schwer schmelzbar. — Mit Kieselflusssäure erhält man die Reaction auf Mg und Fe nebst ziemlich starker Bedeckung mit Aetzfurchen.

Anthophyllit und Gedrit besitzen keine contante Mikrostructur.

Sie umschliessen gern Hämatitblättchen, Magnetitkörner, Spinell- (Picotit-) Oktaëder und Biotitblättchen. Letztere liegen mit der Tafelfläche auf den Spaltflächen von ∞P (110), seltener auf denen nach ∞P∞ (100). Bisweilen trifft man als Interpositionen dieselben mikrolithischen Gebilde, welche bei Hypersthen beschrieben wurden. — Regelmässige lamellare Verwachsung mit monoklinem Amphibol (Strahlstein) ist nicht selten; beiderlei Amphibole haben dann die Axen c und b gemeinsam; die Verwachsung ist demnach im parallel polarisirten Lichte nur wahrnehmbar auf Schnitten, die nicht in der Zone oP : ∞P∞ liegen, und in denen die monoklinen Amphibollamellen schief gegen die Spaltbarkeit oder ihre Diagonale auslöschen. Auf Spaltblättchen nach ∞P∞ (100) erkennt man die monoklinen Lamellen an dem Austritt einer Axe schief im Gesichtsfeld, während in den rhombischen eine Bissectrix senkrecht austritt.

Der Anthophyllit und Gedrit sind Mineralien des krystallinen Schiefergebirges, zumal der Hornblendegneisse und Hornblendeschiefer, in welchen sie bald allgemein als wesentliche Gemengtheile verbreitet, bald nesterartig und dann gern in radialen Aggregaten auftreten. Cross* fand ihn in einem Aktinolithschiefer der Loire inférieure; Sjögren wies den Gedrit in reicher Verbreitung aus der Gegend von Kongsberg und Snarum in Norwegen und Stansvik in Finnland nach; Becke** entdeckte den Anthophyllit in Verbindung mit Strahlstein als peripherisches Umwandlungsproduct von Olivinfelsblöcken im Dioritschiefer von Dürnstein im niederösterreichischen Waldviertel und bei Rosswein in Sachsen. — Auch in Olivinserpentinen kommt er oft recht reichlich, dann gern in Begleitung von Bastit vor.

Der Anthophyllit ist meistens sehr frisch, doch wird mehrfach die Umwandlung in blättrige Aggregate von Talk beobachtet. — Die künstliche Darstellung ist bisher nicht ausgeführt worden.

Anhang: Ch. Barrois (Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. Lille. 1882. 134 sqq.) beschreibt einen Gemengtheil der von ihm Kersantites quartzifères récentes genannten Eruptivgesteine Asturiens unter der vorläufigen Bezeichnung Gedrit. Derselbe bildet prismatische Krystalle, die in der Prismenzone neben einem mehr untergeordneten amphibolartigen Prisma beide Pinakoide herrschend zeigen, terminal mit einer Pyramide abschliessen. Die Spaltbarkeit geht nach dem Prisma, ist aber nicht

* T. M. P. M. 1881. III. 388.

** T. M. P. M. 1882. IV. 331 u. 450.

sehr vollkommen. Die Ebene der optischen Axen liegt senkrecht zur Prismenaxe, die Makrodiagonale ist Axe kleinster Elasticität. Der parallel der Prismenaxe schwingende Strahl ist blaugrün, der senkrecht dazu schwingende bräunlichgelb. Salzsäure greift das Mineral nicht an. Die Diagnose stimmt nicht mit Anthophyllit und Gedrit, doch giebt Barrois an, dass die Substanz viel Aehnlichkeit mit einem Gedrit von Superbagnères (Hte. Garonne) zeige.

Olivin.

Literatur.

M. Bauer, Krystallographische Studien am Hyalosiderit und Forsterit. L. J. 1887. I. 1.

E. Cohen, Ueber Laven von Hawaii und einigen andern Inseln des grossen Oceans nebst einigen Bemerkungen über glasige Gesteine im allgemeinen. L. J. 1880. II. 23—62.

E. S. Dana, Contributions to the petrography of the Sandwich Islands. Amer. Journ. 1889. XXXVII. 441.

R. Hagge, Mikroskopische Untersuchungen über Gabbro und verwandte Gesteine. Kiel. 1871.

E. Kalkowsky, Ueber Olivinzwillinge in Gesteinen. Z. X. 1885. X. 17—24.

Fel. Kreutz, Ueber Vesuvlaven von 1881 und 1883. T. M. P. M. 1885. VI. 142—148.

F. Rinne, Ueber Olivin- und Plagioklasskelette. L. J. 1891. II. 272.

H. Rosenbusch, Petrographische Studien an Gesteinen des Kaiserstuhls. L. J. 1872. 59 sqq.

G. Tschermak, Beobachtungen über die Verbreitung des Olivins in den Felsarten. S. W. A. 1867. LVI. Juli.

F. Zirkel, Untersuchungen über die mikroskopische Zusammensetzung und Structur der Basaltgesteine. Bonn. 1870. 55—67.

— Geologische Skizzen von der Westküste Schottlands. Z. D. G. G. 1871. XXIII. 59. 95.

Der Olivin bildet entweder rundum ausgebildete Krystalle beziehungsweise Wachsthumsformen, oder unregelmässig begrenzte, auch rundliche und eckige Körner oder endlich körnige Aggregate. Die Krystalle, vom Habitus der Figuren 137 und 138, mit den Flächen $a = \infty P\bar{\infty}$ (100), $b = \infty P\breve{\infty}$ (010), $c = oP$ (001), $m = \infty P$ (110), $s = \infty P\breve{2}$ (120), $d = P\bar{\infty}$ (101), $h = P\breve{\infty}$ (011), $k = 2P\breve{\infty}$ (021), $e = P$ (111). Die für die Deutung der Durchschnitte, deren Form sich aus den Figuren leicht ergiebt, wichtigen Winkel sind $m : m = 130^0\,2'$, $s : s = 94^0\,3'$, $d : d = 76^0\,54'$, $h : h = 119^0\,12'$, $k : k = 80^0\,53'$. Die Fläche oP (001) pflegt sehr klein zu sein, noch öfter ganz zu fehlen; dann erhalten die Durchschnitte aus den vertikalen Zonen sechsseitige Durchschnitte, während sonst

oktogonale auftreten. In manchen basaltischen Gesteinen, zumal in glasreichen, werden die Individuen oft auffallend lang prismatisch nach der Vertikalaxe und dabei sehr dünn durch Herrschen eines vertikalen Pinakoides. — Bei mikrolithischen Dimensionen der Individuen ist bisweilen eine Art Hemimorphismus wahrzunehmen (Taf. XVII Fig. 1), wodurch dieselben monosymmetrisch erscheinen.

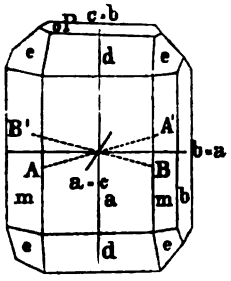


Fig. 137.

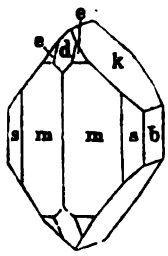


Fig. 138.

Die Wachsthumsformen sind äusserst mannichfaltig; neben einfach gegabelten Gestalten, wie sie Taf. II Fig. 4 zeigt, trifft man höchst zierliche Gebilde von disymmetrischem oder auch wohl hemimorph monosymmetrischem Charakter, von denen die der Arbeit von Kreutz entlehnte Fig. 139 Beispiele zeigt. Auch F. Rinne beschreibt und bildet Wachsthumsformen aus Vesuvlaven ab, bei denen die Längsrichtung jedoch der Krystallaxe a entspräche. — Zwillingsbildungen am gesteinsbildenden Olivin wurden zuerst von Kalkowsky mit einiger Sicherheit in basaltischen Gesteinen nachgewiesen; dieselben sind nach dem von G. vom Rath zuerst beobachteten Gesetz gebaut: Zwillingsebene ist P$\breve{\infty}$ (011). Seltener sind die Zwillinge als Berührungszwillinge nach der Zwillingsfläche ausgebildet, wie R. Brauns sie in Palaeopikriten fand (Z. D. G. G. 1888. XL. 466). Die Zwillingsbildung wiederholt sich mehrfach, die Zwillingsgrenzen sind im Allgemeinen ziemlich unregelmässig und die Individuen durchdringen sich; die Zwillingsnähte pflegen nur schwer im gewöhnlichen Licht wahrnehmbar zu sein (Taf. XVII Fig. 2). Eine

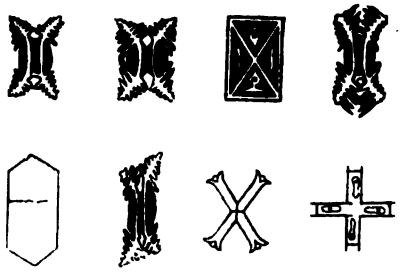


Fig. 139.

absolut sichere Bestimmung der Zwillinge ist nur auf optischem Wege in Schnitten, welche genau oder doch annähernd parallel dem Makropinakoid gehen, möglich; in solchen bilden die vertikalen Axen der verzwillingten Individuen und also auch die Auslöschungsrichtungen einen Winkel von 60° 48′ mit einander. Zwillingsbildungen nach $\frac{1}{2}P\breve{\infty}$* (012) und $\infty P\breve{2}$ (120) giebt F. Rinne, solche nach ∞P (110) Br. Doss** an. Dieselben beziehen sich wesentlich auf Wachsthumsformen.

Die Umrisse der Krystalldurchschnitte zeigen häufig starke Abrundung und mannichfach gestaltete Einbuchtungen in Folge einer Corrosion durch das Magma, aus welchem sie sich ausschieden. Diese Deformationen gehen bis zur vollkommenen Zerstörung der ursprünglichen Krystallform; so entstehen die einzelnen Olivinkörner. — In manchen Gesteinen (Lherzolithen, Olivinfelsen und Olivinschiefern), in denen der Olivin körnige Aggregate bildet, scheint es jedoch nie zu der Entwicklung von Krystallformen gekommen zu sein. Die Körner sind nicht deformirte, sondern in ihrer Ausbildung behinderte Krystalle. — In den Meteoriten zeigt der Olivin auch die Chondrenform.

Die Spaltbarkeit des Olivin nach $\infty P\breve{\infty}$ (010) ist in den Dünnschliffen stets mehr oder weniger deutlich durch parallele, aber im Allgemeinen niemals zahlreiche, oft sich im Krystall auskeilende Spaltrisse wahrzunehmen. Noch spärlicher und meistens ziemlich unregelmässig sind die der Spaltbarkeit nach $\infty P\breve{\infty}$ (100) entsprechenden Risse; der Blätterdurchgang nach oP (001) ist besonders deutlich bei langprismatischen Krystallen im Dünnschliff wahrnehmbar. Es hat oft den Anschein, als wenn die eisenreichen Varietäten (Hyalosiderit und Fayalit) vollkommenere Spaltbarkeit besässen, und weniger der corrosiven Deformation der Krystallumrisse durch das Magma unterlägen. — Neben den Spaltrissen beobachtet man fast stets eine regellose Zerklüftung der Krystalle, welche mit zunehmender Umwandlung in Serpentin sich anscheinend mehr und mehr steigert. — Zonare Structur, vielleicht durch wechselnden Eisengehalt hervorgerufen, auch bisweilen durch die Anordnung der Interpositionen angedeutet, ist nicht gerade häufig. H. = 6.5—7.

Der Olivin ist nahezu farblos bis grünlichweiss, bei hohem

* Ueber Limburgite aus der Umgebung des Habichtswaldes. S. B. A. 1889. XLVI. 1011.

** T. M. P. M. 1886. VII. 486.

Eisengehalt und unter gewissen Bedingungen auch roth bis rothbraun durchsichtig. Die Brechungsexponenten sind hoch, daher das Relief bedeutend und die Oberfläche stark runzelig, wie Taf. XVII Fig. 3 zeigt. Die Doppelbrechung ist stark, die Interferenzfarben daher selbst in recht dünnen Schliffen noch zweiter bis dritter Ordnung. Des Cloizeaux bestimmte $\alpha_{na} = 1.661$, $\beta_{na} = 1.678$, $\gamma_{na} = 1.697$; Michel-Lévy am künstlichen Fayalit $\gamma - \alpha = 0.043$. Die Ebene der optischen Axen liegt in oP (001) und $\breve{a}$ ist positive Bissectrix; demnach $a = c$, $b = a$, $c = b$ (Fig. 137). Der Axenwinkel ist gross $2V_{na} = 87^0\,46'$; die Dispersion schwach $\varrho < v$ um a. Das optische Verhalten kann gelegentlich zu Verwechslung mit farblosen Pyroxenen des monoklinen Systems Veranlassung geben. Man beachte, dass letztere zwei gleichwerthige Blätterdurchgänge besitzen, während die des Olivin ungleichwerthig sind, dass ferner in den drei Hauptzonen, wenn die Spaltrisse sich schneiden, die Auslöschung bei Olivin parallel und senkrecht zu denselben, bei Pyroxen dagegen diagonal liegen muss. — Pleochroismus besitzt der Olivin im Allgemeinen nicht in bemerkbarem Grade; nur die mit rothen Farben durchsichtigen absorbiren die parallel c schwingenden Strahlen weit weniger, als die nach a und b schwingenden, wie auch Müggr* beobachtete.

Sp. G. = 3.3—3.45. — Chem. Zusammensetzung $(Mg, Fe)_2 Si O_4$. Man unterscheidet die eisenreicheren Varietäten wohl als Hyalosiderit, — ein Name, der zuerst den Vorkommissen im Limburgit von Sasbach am Kaiserstuhl, welche oberflächlich goldgelb sind, gegeben wurde, — diejenigen mit herrschendem Eisengehalt als Fayalit. Auch ein kleiner Kalkgehalt kommt bisweilen vor. — Durch Glühen nehmen nicht allzu eisenarme Olivine rothe Farbe an und zeigen dann wohl auch einen mehr oder weniger deutlichen Pleochroismus. — Von Salzsäure wird der Olivin im Dünnschliff in der Kälte nur langsam, bei Erwärmung rascher angegriffen unter Ausscheidung gelatinöser Kieselsäure; eisenreiche Varietäten gelatiniren leichter als eisenarme und Schwefelsäure wirkt kräftiger ein als Salzsäure. Man bedient sich dieser Gelatination oft zur Bestimmung und Unterscheidung von andern Mineralien von ähnlichem Habitus, indem man die oberflächliche Gelatinehaut mit einem Farbstoff imbibirt. — Mit Kieselflusssäure erhält man die Reaction auf Mg und Fe und die Oberfläche des Minerals bedeckt sich mit

* Petrographische Untersuchungen an Gesteinen von den Azoren. L. J. 1883. II. 205.

Aetzfiguren, welche ziemlich spitz rhombische Umgrenzung erkennen lassen. — Man kann drei Abarten von Olivin unterscheiden: den Olivin der körnigen Eruptivgesteine, den Olivin der porphyrischen Eruptivgesteine und den Olivin der krystallinen Schiefer.

Der Olivin der körnigen Eruptivgesteine, wie er in den Olivingabbros, Olivinnoriten und Peridotiten vorliegt und sich in den theils bombenartigen losen Auswürflingen und in den concretionsartigen älteren Ausscheidungen der vulkanischen Gesteine findet, zeigt meistens keine oder doch keine vollständige gesetzmässige krystallographische Umgrenzung. Immerhin lässt sich deutlich erkennen, dass er älter ist als die übrigen ihn begleitenden Silikate. Aus den Umwandlungsprocessen desselben kann man schliessen, dass sehr eisenreiche Varietäten selten vorkommen. Diese Olivine umschliessen Kryställchen von Magnetit, Ilmenit, Apatit, Chromit in regelloser Anordnung; in manchen Gabbro- und Noritvorkommnissen sind sie überfüllt von nadel- und tafelförmigen mikroskopischen Interpositionen, welche nach den drei Hauptschnitten geordnet sind und metallischen Habitus besitzen; sie scheinen eine Titan-Eisen-Verbindung zu sein. Flüssigkeitseinschlüsse sind nicht selten.

Der Olivin der porphyrischen Eruptivgesteine (Melaphyre, Basalte, Basanite, Nephelin- und Leucitbasalte, Limburgite) gehört zu den Ausscheidungen der ersten Periode der Gesteinsbildung; seine Krystallisation folgte unmittelbar derjenigen der Apatite und Eisenerze und ging derjenigen der Glimmer und Bisilikate voraus. Daher erscheint er in Krystallform, welche allerdings sehr oft durch spätere magmatische Corrosion vielfach gestört wurde; charakteristisch für ihn sind Einbuchtungen und Einschlüsse der Gesteinsmasse, welche oft bedeutende Dimensionen annehmen, Glaseinschlüsse von mannichfacher Gestalt, regellose Einschlüsse von Flüssigkeiten, unter denen auch liquide Kohlensäure nachgewiesen wurde, und Interpositionen der älteren associirten Mineralien, zumal von Magnetit, Ilmenit, Chromit und Picotit. Eisenreiche Varietäten sind hier sehr häufig. Hierher gehören auch die Krystallskelette und Wachsthumsformen*, welche in den glasreichen, also nur zu sehr unvollkommener krystalliner Ausbildung gelangten Gesteinen sich finden und welche oft auffallend grosse und symmetrisch geordnete Einschlüsse des Gesteinsglases umschliessen (Taf. XVII Fig. 1). — Seltener findet man in den porphyrischen Eruptivgesteinen

* A. Penck, Studien über lockere vulkanische Auswürflinge. Z. D. G. G. 1878. XXX. 97.

eine zweite Generation von Olivinkrystallen. Als accessorischer Gemengtheil erscheint der vulkanische Olivin auffallender Weise noch in recht alkalireichen und an zweiwerthigen Metallen armen Gesteinen der Trachyt- und Andesitreihe und steht hier oft in eigenthümlichen Wechselbeziehungen zu den rhombischen Pyroxenen. — Das schon von Gustav Rose beobachtete, neuerdings von Iddings und Penfield (Amer. Journ. 1885. XXX. 58 u. 1891. XL. 75) beschriebene Vorkommen des Fayalit neben Quarz, Tridymit und Feldspath in den Lithophysen des Obsidian des Yellowstone National Park und Liparis gehört zu den pneumatolytischen Bildungen, nicht zu den eigentlichen Gesteinsgemengtheilen.

Im Bereich der krystallinen Schiefer ist der Olivin theils als accessorischer, theils als wesentlicher Gemengtheil in einer Gesteinsreihe verbreitet, welche einlagerungsartig auftritt und an deren einem Ende dolomitische Kalke und Dolomite stehen, während das andere Ende von reinen magnesiareichen Silikatgesteinen (den Olivinfelsen) gebildet wird, in denen sich keine oder doch nur Spuren von Magnesia- und Eisencarbonaten finden. Zu dieser Reihe gehören manche Amphibolite, Pyroxenite und Eklogite. Der Habitus der Olivine dieser Felsarten ist derjenige der körnigen Eruptivgesteine, doch fehlen hier die reichlichen erzartigen Interpositionen gewöhnlich ganz und es treten nur spärliche Einschlüsse von Flüssigkeiten und Spinellen (Chromit, Picotit und Pleonast) auf.

Das Peridotmineral im körnigen Kalk der Schelinger Matten im Kaiserstuhl, welches H. Fischer für Monticellit gehalten hatte, erkannte A. Knop (Z. X. 1887. XIII. 236) als Forsterit. Dasselbe wird von Apatit, Koppit, Magnoferrit und Barytglimmer im Kalk begleitet.

Wenige Mineralien zeigen eine solche Mannichfaltigkeit der Umwandlungen, wie der Olivin. Man wird dabei wohl drei der Ursache und den Umwandlungsproducten nach verschiedene Processe unterscheiden können. Die eigentliche Verwitterung, wesentlich bedingt durch die allverbreiteten Reagentien in den oberflächlichen Theilen der Erdrinde, Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure, führt bei den nicht allzu eisenreichen Olivinen zu der Bildung von Carbonaten, Kieselsäure und Limonit, denen im Anfange grössere oder kleinere Mengen von Serpentin beigemengt zu sein pflegen, so dass vielleicht die Serpentinisirung das erste Stadium dieses Umwandlungsvorganges ist. Auffallend ist es, dass unter den Carbonaten der Calcit wohl stets in kleinen Mengen, oft vorwiegend bis nahezu ausschliesslich zu beobachten ist. Darnach hat es den Anschein,

als wenn mit der Umwandlung zugleich ein Verdrängungsprocess verbunden ist. Dieser Vorgang ist im Verhältniss zu der weiten Verbreitung des Olivin nur ziemlich selten zu beobachten. — Am weitaus verbreitetsten ist die Umwandlung des Olivin zu Serpentin; dieselbe beginnt immer von der Oberfläche und von den Spalten aus und führt zu einer Faserbildung unter gleichzeitiger partieller Abscheidung des Eisengehalts in der Form von Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat und Magnetit. Die fasrigen Neubildungen von grünlicher bis gelblichgrüner Farbe stehen senkrecht auf den Krystallumrissen und den Spalten. Da der Angriff von allen sich wirr kreuzenden Rissen und den Rändern aus gleichzeitig stattfindet, so sieht ein solcher in Umwandlung zu Serpentin begriffener Olivin maschig aus. Die Serpentinschnüre bilden das Netzgewebe, dessen Maschen noch frischen Olivin enthalten (Taf. XVII Fig. 4). Mit dem Fortschreiten des Processes reissen in Folge der mit der Serpentinisirung verbundenen Volumzunahme stets neue Spalten auf und ermöglichen so die immer weitere Ausbreitung der Neubildungen bis zur vollständigen Umwandlung des Olivin. — Wenngleich die Serpentinisirung des Olivin in vielen Fällen ein einfacher Act der Verwitterung sein dürfte, so ist doch in andern Fällen die Ursache mit einiger Sicherheit in der Einwirkung von warmen Wässern zu suchen. Dafür spricht ausser dem Vorhandensein dieser Umwandlung in sonst ganz frischen Gesteinen besonders auch die Entstehung des Eisenoxydes statt des Eisenoxydhydrats. — Bei sehr eisenreichen Olivinen (Hyalosideriten und Fayaliten führt die Umwandlung, welche auch hier von der Oberfläche und den Blätterdurchgängen aus vorschreitet, zu Eisenoxyd, welches dann secundär in Eisenhydroxyd übergeht (Taf. XVII Fig. 5). Dieser Process, welcher in den Limburgiten von Sasbach und manchen Melaphyren von Oberstein vorzüglich deutlich zu beobachten ist, ertheilt bei seinem Beginn dem Olivin oft einen sonst nicht vorhandenen Pleochroismus. — H. v. Foullon* beschreibt eine Umwandlung des Olivin in Melaphyren der Südalpen (Val Zuccanti bei Schio), wobei Biotit unter den Neubildungen erscheint.

Durchaus verschieden von den besprochenen Vorgängen ist die Neubildung von Amphibolmineralien bei der Umwandlung von Olivin. Dieser Process ist bisher nur aus dem Gebiet der krystallinen Schiefer bekannt, findet sich aber hier sowohl in den schiefrigen, wie in den eruptiven Gesteinen. Meistens lässt sich mit Sicherheit wahrnehmen,

* T. M. P. M. 1880. II. 481.

dass die neugebildeten Amphibolmineralien unter Beeinflussung des Olivin durch die angrenzenden Gesteinsgemengtheile entstanden, wie dieses von A. E. Törnebohm* in schwedischen Gabbrogesteinen beobachtet und beschrieben wurde, und dann sind die Neubildungen ursprünglich auf die Peripherie der Olivine beschränkt und schreiten von hier aus nach innen fort. Die Nadeln der Amphibolmineralien, welche z. Th. dem Tremolit, z. Th. dem Aktinolith, z. Th. dem Anthophyllit zuzurechnen sind, stehen senkrecht auf der Olivingrenze und sondern sich gern in mehrere, durch ihre Färbung verschiedene Zonen. Durchaus analog den Beobachtungen Törnebohm's sind diejenigen von F. Becke** am Olivingabbro von Langenlois im niederösterreichischen Waldviertel und von Rosswein im sächsischen Granulitgebirge. Man wird aus dem ganzen Complex der mit dieser Umwandlung verbundenen Erscheinungen, welche im II. Bande dieses Buches besprochen werden sollen, sowie besonders aus den geologischen Bedingungen derselben schliessen dürfen, dass man es hier mit einem dynamometamorphen Vorgange zu thun hat. — Derselben Gruppe von Erscheinungen wird die Umwandlung des Olivin in einen Filz von Amphibolnadeln mit spärlich beigemengtem Serpentin oder Chlorit und Magnetit zuzurechnen sein, welche Becke*** aus gewissen Kersantiten des niederösterreichischen Waldviertels (zwischen Schiltern und Gföhl, zwischen Steinegg und St. Leonhardt, bei Marbach) und B. Kolenko† aus Olivindiabasen des Gouvernements Olonetz in Russland beschrieben hat. Er bezeichnet diese Pseudomorphose von Amphibol nach Olivin als Pilit (Taf. XVII Fig. 6). — Auch die recht häufige Neubildung von Amphibol (Strahlstein und brauner Hornblende), sowie von Biotit aus serpentinisirtem Olivin in den Serpentinen des krystallinen Schiefergebirges dürfte als ein Act der Dynamometamorphose zu betrachten sein.

Die künstliche Darstellung des Olivin, des Fayalit und der entsprechenden Manganverbindung durch directe Schmelzung und daraus erfolgte Krystallisation der Bestandtheile allein oder unter Zufügung eines Schmelzmittels ($MgCl_2$, $CaCl_2$ u. s. w.) gelingt überaus leicht und wurde schon von Berthier ausgeführt. Dass aus dem Schmelzfluss eines Gemenges basischer Silikate (Olivin, Pyroxen oder Olivin, Pyroxen und Feldspath) der Olivin zuerst

* L. J. 1877. 383.
** T. M. P. M. 1882. IV. 330. 355. 450.
*** T. M. P. M. 1883. V. 163.
† L. J. 1885. II. 90.

auskrystallisire, wurde durch die Versuche von Daubrée* an Meteoriten, ganz besonders durch diejenigen von F. Fouqué und A. Michel-Lévy** an Basalten und basaltischen Magmen dargethan. — Die Verbreitung des Olivin, Fayalit und der entsprechenden Manganverbindung in den Hochofenschlacken ist zu bekannt, um einer Erwähnung zu bedürfen, und wurde in neuerer Zeit besonders von J. H. L. Vogt studirt. Die von diesem Forscher in erster Reihe verfolgten Entstehungsbedingungen und Bildungszeiten der Krystallisationen aus Schmelzflüssen wird in dem II. Bande dieses Buches zu erwähnen sein. — Künstliche Darstellungen des Olivin, welche seine Verbreitung in der Formation der krystallinen Schiefer zu erklären vermöchten, sind bisher nicht bekannt geworden.

Humit.

Literatur.

A. Michel-Lévy et A. Lacroix, Sur les minéraux du groupe de la Humite des calcaires métamorphiques de diverses localités. Bull. Soc. min. Fr. 1886. IX. 81.

G. vom Rath, Ueber das Krystallsystem des Humit. Pogg. Ann. 1871. Ergänz.-Bd. V. 321.

Hj. Sjögren, Ueber ein neues Vorkommen von Humit (Typus I) und über die chemischen Formeln des Humit, des Chondrodit und des Klinohumit. Z. K. 1883. VII. 344.

Der in den Gesteinen vorkommende Humit zeigt im Allgemeinen die Körnerform. Die Körner sind rundlich oder eiförmig. Im letzteren Falle ist die lange Axe z. Th. parallel der krystallographischen Vertikalaxe, z. Th. parallel der a-Axe bei der vom Rath'schen Aufstellung mit $a : b : c = 1.08028 : 1 : 4.40131$. Obwohl kleine Flächen öfters an den Körnern wahrnehmbar sind, können sie doch zur Orientirung nicht wohl benutzt werden. — Zwillinge nach einer Fläche der Zone $oP : \infty P\bar{\infty}$ (h o l) sind nicht gerade häufig, doch kommt auch polysynthetische Wiederholung dieses Gesetzes vor. — Parallelverwachsungen werden angegeben mit Chondrodit.

Die Spaltung nach oP (001) tritt in hinreichend dünnen Schliffen deutlich hervor. Nicht selten ist eine unregelmässige Zerklüftung, wie bei Olivin. — H. = 6.5.

Im durchfallenden Lichte farblos, seltener gelb, dann pleochroitisch und zwar $b = c$ blassgelblich, $a =$ goldgelb. Das Brechungsvermögen ist nicht unbeträchtlich $n > 1.6$, daher die Oberfläche

* C. R. 1866. LXII. 200.

** C. R. 1881. XCIII. 674 und Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 275.

runzelig im Canadabalsam. Die Doppelbrechung etwa von gleicher Stärke, wie bei Olivin. A. Michel-Lévy und Lacroix geben $\gamma - \alpha = 0.032 - 0.038$. Die optische Axenebene liegt in der Basis und die kurze Diagonale (hier also die Axe b) ist positive Bissectrix. Darnach das optische Schema $a = \mathfrak{a}$, $b = \mathfrak{c}$, $c = \mathfrak{b}$. In Schnitten aus der Zone der Axe b liegt parallel der Spaltbarkeit die kleinere, in solchen der Axe a die grössere Elasticität. Die Zwillingslamellen löschen gleichzeitig aus, weil sie die Axe b gemeinschaftlich haben. — Der Axenwinkel ist gross, nach Des Cloizeaux $2H_a = 78^0\,18' - 79^0$. Die Dispersion schwach.

Sp. G. = 3.1—3.2. Chemische Zusammensetzung wahrscheinlich $H_2 Mg_{19} Si_8 O_{34} Fl_4$, worin Mg z. Th. durch Fe vertreten werden kann. Mit Säuren leicht gelatinirend.

Der Humit, welcher gelegentlich in körnigem Kalk und Dolomit, meist neben Chondrodit vorkommt, kann sehr leicht mit Olivin verwechselt werden, zumal wenn er farblos ist. Er geht ebenso, wie dieser, in Serpentin über und zeigt dann dieselbe Maschenstructur. Brucit ist ein nicht seltenes Nebenproduct bei diesem Vorgange.

Cordierit.

Literatur.

A. d'Archiardi, Della trachite e del porfido quarziferi di Donoratico presso Castagneto nella provincia di Pisa. Atti Soc. Tosc. Sc. nat. VII. Pisa. 1885.

E. Hussak, Ueber den Cordierit in vulkanischen Auswürflingen. S. W. A. 1. Abth. 1883. LXXXVII. April.

Y. Kikuchi, On cordierite as contact mineral. Journ. of the Science College. Imperial University. Tokio, Japan. III. pt. 4. 313. 1890.

M. Koch, Der Kersantit von Michaelstein. Jahrb. k. preuss. geol. Landesanstalt für 1886. Berlin. 1887. 44.

A. von Lasaulx, Ueber Cordieritzwillinge in einem Auswürfling des Laacher Sees. Z. X. 1883. VIII. 76—80.

J. Szabó, Der Granat und Cordierit in den Trachyten Ungarns. L. J. B.-B. I. 1881. 308—320.

A. Wichmann, Die Pseudomorphosen des Cordierits. Z. D. G. G. 1874. XXVI. 675—701.

Der gesteinsbildende Cordierit erscheint bald in Krystallen, bald in derben Körnern ohne gesetzmässige äussere Begrenzung. Die Krystalle zeigen fast stets die einfachen Formen (Fig. 140) ∞P (110), $\infty P\breve{\infty}$ (010), $\infty P\breve{3}$ (130), oP (001). Der Prismenwinkel beträgt $119^0\,10'$. Selten treten $P\breve{\infty}$ (011) und $\frac{1}{2}P$ (112) als schmale Abstumpfungen der Combinationskanten der Basis mit den vertikalen Flächen auf. Demnach sind die Durchschnitte Rechtecke in der

Prismenzone, Hexagone senkrecht zu dieser oder es fehlen die krystallographischen Contouren. — Zwillingsbildungen sind nicht eben selten; sie vollziehen sich nach zwei Gesetzen. Bei dem ersten ist die Fläche des Grundprismas Zwillingsebene und die Individuen durchkreuzen sich so (Fig. 141 und Taf. XVIII Fig. 1), dass sie das Brachypinakoid nach aussen wenden. Dabei sind die vertikalen Kanten bisweilen gekerbt durch das Zusammenstossen von zwei

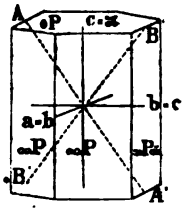


Fig. 140.

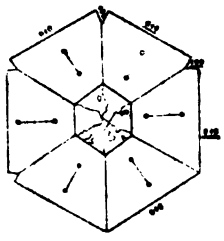


Fig. 141.

Makropinakoidflächen. Derartige Zwillinge werden besonders in vulkanischen Auswürflingen (Laacher See, Asama-yama) und Gesteinen (Cabo de Gata und toscanische Maremmen), sowie in Cordierithornfelsen der Contactzonen der Granite (Japan) angetroffen. — Bei dem zweiten Gesetz ist die Zwillingsebene eine Fläche von $\infty P\breve{3}$ (130) und die Individuen kehren die Flächen des Grundprismas nach aussen. Fig. 142 c giebt das Schema dieser Zwillingsbildung,

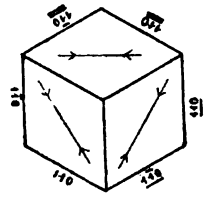


Fig. 142 a.

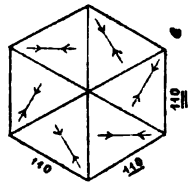


Fig. 142 b.

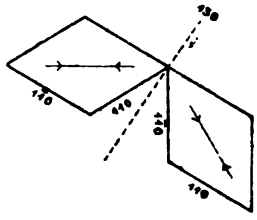


Fig. 142 c.

Fig. 142 a u. b in schematisirter Form einen Berührungsdrilling und einen Durchkreuzungsdrilling nach demselben Gesetz. — Diese beiden Zwillingsgesetze, welche nur durch die Beobachtung der Lage der optischen Axenebene oder der Elasticitätsaxen unterschieden werden können, treten nicht selten neben einander auf, wie in schematischer Darstellung Fig. 143 zeigt, worin jedes Individuum gegen die beiden anliegenden einerseits nach (110), andererseits nach (130)

in Zwillingsstellung steht. In der Wirklichkeit complicirt sich die Erscheinung noch dadurch, dass jedes Individuum in wechselnder Zahl und Grösse Theile umschliesst, welche zu den anderen Individuen gehören, und dadurch, dass die Verwachsungsebene oft eine ganz willkürliche und unregelmässige Fläche ist. — In manchen Cordieritgneissen zeigen die Cordierite eine polysynthetische Zwillingslamellirung, sehr ähnlich derjenigen der Plagioklase, die schon mit der Loupe auf der Spaltfläche (010) als sehr feine und flache Riefung erkannt werden kann (Twedestrand).

Eigenthümliche Wachsthumsformen, welche an Chiastolithe erinnern, zeigen hie und da die Cordierite der granitischen Contacthöfe. Im Längsschnitte erkennt man eine Andreaskreuz-ähnliche Zeichnung, welche durch eingelagerte kohlige Substanz hervorgebracht wird (Fig. 144). Die mit *i* bezeichneten Theile sind die älteren, welche in Fig. 141 als Kern im Querschnitt erscheinen,

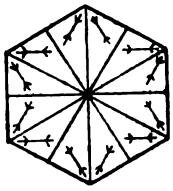


Fig. 143.

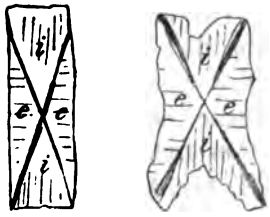


Fig. 144.

e sind spätere Fortwachsungen. Die Theile *i* sind meistens einschlussfrei, *e* enthält gern kohlige Substanz und Schiefermasse in Ebenen angeordnet, welche durch die Striche angedeutet werden.

Hie und da zeigen die Krystalle, zumal der Contacthöfe, auch tonnen- und spindelartig gerundete Formen.

Die Spaltung nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) zeigt sehr wechselnde Vollkommenheit; selten kommt sie in Dünnschliffen zu deutlichem Ausdruck durch parallele Spaltrisse. Dagegen ist, zumal bei nicht ganz frischen Vorkommnissen, eine regellose Zerklüftung oft deutlich durch krumme und willkürlich verlaufende Sprünge angedeutet. Eine sehr deutliche Absonderung nach oP (001) beobachtete A. Osann an den Cordieriten des Hoyazo am Cabo de Gata. H. = 7—7.5.

Der Cordierit wird meistens wasserhell, seltener je nach der Lage des Schnitts gelblich, blau bis violett durchsichtig. Brechungsexponent und Doppelbrechung sind schwach und sehr ähnlich den gleichen Eigenschaften des Quarzes, mit welchem der Cordierit

sehr leicht verwechselt werden kann. An Messungen der optischen Constanten liegt vor:

Cordierit von Ceylon	$\alpha = 1.537$,	$\beta = 1.542$,	$\gamma = 1.543$	Des Cloizeaux
„ Bodenmais	$\alpha = 1.535$,	$\beta = 1.541$,	$\gamma = 1.546$	„ „
„ Orijärfvi	$\alpha = 1.5337$,	$\beta = 1.5375$,	$\gamma = 1.5400$	„ „
„ Haddam	$\alpha = 1.5523$,	$\beta = 1.5615$,	$\gamma = 1.5627$	„ „
„ Ceylon	$\alpha_{na} = 1.5918$,	$\beta_{na} = 1.5970$,	$\gamma_{na} = 1.5992$	Offret*
„ Bodenmais	$\alpha = 1.5433$,	$\beta = 1.5467$,	$\gamma = 1.5490$	Max Koch
„ Hoyazo, Cabo de Gata		$\beta = 1.5438$		Osann

Darnach ist im Mittel $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.543$, wie bei Canadabalsam und $\gamma - \alpha = 0.006$ bis 0.010, $\gamma - \beta = 0.001$ bis 0.005, $\beta - \alpha = 0.003$ bis 0.009. Dementsprechend gehen die Interferenzfarben nicht über das Gelb der ersten Ordnung in guten Schliffen hinaus, sondern bleiben zumeist in den graublauen und weissen Tönen. — Die Axenebene liegt in $\infty P\breve{\infty}$ (100), der Charakter der Doppelbrechung ist negativ und c ist erste Bissectrix. Darnach $c = a$, $b = c$, $a = b$ (Fig. 140). Der scheinbare Axenwinkel in Luft schwankt in weiten Grenzen von 64° (Haddam) bis 150° (Orijärfvi). Die Dispersion ist schwach $\varrho < v$. — Bei den Zwillingen zeigen basische Schnitte die Axenebene im convergenten Licht um 60°, im parallelen Licht die Auslöschungsrichtungen um 30° gegen einander geneigt (cf. Fig. 141, 142, 143). Bei Schnitten aus der Prismenzone löschen die einzelnen Individuen gleichzeitig aus, wenn die Zwillingsebene parallel oder senkrecht zum Hauptschnitt des Polarisators liegt; trotzdem erkennt man die Zwillingsbildung daran, dass die Einzelindividuen bei Drehung des Präparats verschiedene Interferenzfarben zeigen, da ein solcher Schnitt das Elasticitätsellipsoid derselben verschieden schneidet. — Der in dickeren Platten meistens sehr intensive Pleochroismus ist im Dünnschliff oft gar nicht wahrnehmbar, oft noch immer recht stark in den Schnitten der Prismenzone. Die Flächenfarben sind nach Haidinger oP (001) blau, $\infty P\breve{\infty}$ (100) blauweiss, $\infty P\breve{\infty}$ (010) gelblichweiss; die Axenfarben wurden bestimmt:

Fundort:	$\breve{a} = b$	$\bar{b} = c$	$\dot{c} = a$
Bodenmais	dunkelberlinerblau	hellberlinerblau	gelblichweiss Haidinger
Bodenmais	milchweiss	graulichweiss	gelblich weingelbweiss Haidinger
Orijärfvi	dunkelberlinerblau	hellberlinerblau	röthlich nelkenbraun Haidinger

* Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 628.

Fundort:	$\breve{a} = b$	$\bar{b} = c$	$\dot{c} = a$
Arendal	violblau	pflaumenblau	röthlichnelkenbraun Haidinger
Haddam	blassblau	bläulichweiss	gelblichweiss
Simiutak	dunkellederbraun	röthlichbraun ins honiggelbe	rauchbräunlich
Hoyazo	dunkelviolett	hellerviolett	gelblichweiss Osann
Ceylon	tiefviolblau	blassviolblau	sehr hellgelb (Offret l. c.)

Die Absorption $b > c > a$ ist auch in wasserhellen Durchschnitten bei einiger Aufmerksamkeit noch zu beobachten. — An den Cordieriten ist in weiter Verbreitung ein eigenthümliches Phänomen des Pleochroismus zu beobachten; um mikroskopische Einschlüsse der verschiedensten Art zeigt sich ein lebhaft gelber Hof, der sein Maximum erreicht, wenn das Licht den Durchschnitt mit Schwingungen parallel c durchläuft, der dagegen vollkommen verschwindet, wenn die Schwingungsebene des Lichts parallel a oder b liegt. Basische Schnitte zeigen diese Erscheinung daher nicht. Das Phänomen, welches sich auch bei Andalusit, Staurolith, Augit, Muscovit etc. gelegentlich findet, beruht auf der Absorption der blauen Strahlen; daher sieht man die gelben Höfe schwarz im blauen Lichte, sie treten gar nicht auf im rothen Lichte. Durch Glühen verliert der Cordierit diese Eigenschaft, welche durch locale Anhäufung eines nur auf diese Weise wahrnehmbaren organischen Pigments bedingt ist*. Bisher wurde die Erscheinung nur an Cordieriten aus der Formation der krystallinen Schiefer und der Contacthöfe, niemals an solchen eruptiver Gesteine beobachtet. — Der allgemeine Pleochroismus des Cordierits pflegt durch Glühen deutlicher zu werden, zumal in dicken Präparaten. Doch bringt ihn sehr starkes Glühen dünner Blättchen auch bisweilen zum Verschwinden. Es ist wohl nicht ein Zufall, dass gerade die in vulkanischen Gesteinen auftretenden Cordierite den stärksten Pleochroismus besitzen.

Sp. G. = 2.59—2.66, also sehr nahe demjenigen des Quarzes, von welchem der Cordierit sich daher oft kaum auf mechanischem Wege trennen lässt. — Chem. Zus. = $Mg_2 Al_4 Si_5 O_{18}$, worin wechselnde Mengen des Mg durch Fe und in kleinerem Betrage durch Mn vertreten werden**. Wird von Säuren nur wenig angegriffen

* H. R., Die Steiger Schiefer und ihre Contactzone etc. Strassburg i. E. 1877. S. 143.

** Nach der Untersuchung von A. C. Farrington (Amer. Journ. 1892. XLIII. 13) würde die Formel werden: $H_2 Mg_4 Al_8 Si_{10} O_{37}$.

und ist nur schwer an den Kanten schmelzbar. Die chemische Unterscheidung von Quarz, mit welchem Cordierit sehr leicht verwechselt werden kann, liefert am einfachsten die Behandlung des Schliffs mit Kieselflusssäure. Man isolirt die zu untersuchende Stelle durch einen kleinen Wall von Canadabalsam und trägt einen Tropfen des Reagens auf. Hebt man nach einiger Zeit die Lösung ab und lässt sie auf einem reinen Objectträger oder auch direct auf dem Schliff eintrocknen, so erhält man die charakteristischen Krystallsäulen des Magnesiumkieselfluorürs (Taf. XII Fig. 1). Die gereinigte Oberfläche des Schnitts zeigt sich bei Beleuchtung mit divergentem Lichte mit Aetzfiguren bedeckt, deren Form und Vertheilung mit der Lage des Schnitts sich ändert. In den Schnitten der Hauptzone haben diese Figuren die Form länglich rechteckiger Vertiefungen. — Auch mit heisser Schwefelsäure erhält man Aetzfiguren und unterscheidet dadurch vom Quarz.

Der Cordierit hat keine constante Mikrostructur. Wo er in Eruptivgesteinen auftritt, enthält er entweder, wie in den Graniten, Kersantiten und Quarzporphyren, nur Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse, oder er umschliesst oft recht grosse und zahlreiche Glaseinschlüsse, wie zumal in den Lipariten der toscanischen Maremmen, oder er ist endlich einschlussfrei. Die Bildung des Cordierit in diesen Gesteinen gehört einer älteren Periode der Gesteinsentwicklung an und scheint der Feldspathbildung vorauszugehen; für manche Vorkommnisse des Cordierit in Eruptivgesteinen ist jedoch die Natur als normaler Gemengtheil sehr zweifelhaft und die Abstammung aus durchbrochenem krystallinem Schiefergebirge recht wahrscheinlich. — Die wahre Heimath des Cordierit ist die Gneissformation und zu betonen ist die häufige Vergesellschaftung mit Granat, Biotit, Sillimanit, Spinell, Magnetkies, Hämatit und Ilmenit. Alle diese Mineralien treten als Einschlüsse im Cordierit auf, mit Ausnahme des Granats. Ganz besonders häufig erscheint der Sillimanit in einzelnen regellos gelagerten Säulchen oder in geraden und gewundenen Zügen dicht gedrängter, parallel geordneter oder wirr verfilzter Nädelchen, deren Dimensionen oft überaus mikroskopisch werden, deren Sillimanitnatur indessen durch Analyse von A. Osann (Z. D. G. G. 1888. XL. 704) zweifellos festgestellt wurde. Weniger massenhaft verbreitet, aber immerhin sehr häufig trifft man mit grüner Farbe durchsichtige Oktaëder und Körner von Pleonast oder anderen Spinellen (Kreittonit). Die Kinzigite aller Localitäten, die Cordieritgneisse des sächsischen Granulit-

gebirges, des bayrischen Waldes und des skandinavischen Nordens liefern geeignete Objecte für das Studium dieser Interpositionen. Neben den individualisirten Einlagerungen sind auch hier Fluidaleinschlüsse (nicht selten mit wasserhellen Würfelchen) allgemein verbreitet.

In manchen Schieferhornfelsen der granitischen und dioritischen Contacthöfe ist der Cordierit ebenfalls vorhanden, so in den Vogesen bei Barr und Hohwald, in der Troas nach unveröffentlichten Beobachtungen von J. S. Diller und in den Grenzdistricten der japanischen Provinzen Kodsuke und Shimotsuke. Er begleitet dann gern den Andalusit und besitzt die Mikrostructurverhältnisse des Cordierits der Gneissformation, unterscheidet sich jedoch von diesem durch die Häufigkeit normaler krystallographischer Begrenzung. Manche vulkanische Auswürflinge mit Cordierit entstammen mit grosser Wahrscheinlichkeit granitischen Contacthöfen.

Der Cordierit ist unter den an der Erdoberfläche herrschenden physikalischen und chemischen Bedingungen sehr wenig beständig. Man trifft denselben daher, zumal in der Gneissformation, häufig mehr oder weniger zu fasrigen und blättrigen Aggregaten umgewandelt. Derartige Umwandlungsproducte oder Gemenge solcher mit noch unveränderter Cordieritsubstanz führen in der Mineralogie die Namen Aspasiolith, Chlorophyllit, Bonsdorffit, Esmarkit (z. Th.), Pinit, Oosit, Praseolith, Gigantolith, Fahlunit und Pyrargillit. Manche derselben, zumal die Pinite und Oosite, bestehen ganz wesentlich aus dichtem Kaliglimmer in regelloser Verwachsung der Blättchen, bisweilen auch aus gross- und parallelblättrigen Aggregaten von Muscovit und Chlorit, deren Blattflächen mit der Basis des Cordierit zusammenfallen; bei anderen tritt neben dichtem Muscovit auch ein Chloritmineral, beziehungsweise Talk, mehr oder weniger reichlich auf. Die schmutzigbraune Färbung dieser Pseudomorphosen pflegt durch beigemengten Limonit bedingt zu sein. In wieder andern Fällen entstehen gelbliche bis grünliche Verwitterungsproducte, die keine genaue Bestimmung erlauben und welche auffallend an die Serpentinschnüre im Olivin erinnern. Immer folgt der Umwandlungsprocess den Spaltrissen und den regellosen Klüften des Minerals, deren Zahl sich mit vorschreitender Veränderung stetig mehrt, bis endlich keine Spur von Cordierit mehr übrig geblieben ist. Soweit die Umwandlung vorschreitet, verschwinden mit dem Krystallgefüge des Cordierit auch die durch dasselbe bedingten Phänomene der pleochroitischen Höfe; dagegen pflegen die

interponirten Sillimanitnadeln und Spinellkryställchen im allgemeinen erhalten zu bleiben.

Die künstliche Darstellung des Cordierit wurde von L. Bourgeois* versucht. Er schmolz ein Gemenge von der Zusammensetzung des Cordierit und hielt dasselbe längere Zeit in viscosem Zustande. Nach der Erkaltung war der Kuchen durch und durch krystallin und schien neben einem Magnesia-Pyroxen wesentlich aus einem Mineral mit den Eigenschaften des Cordierit zu bestehen.

Prehnit.

Literatur.

A. Beutell, Ueber Prehnit von Striegau und Jordansmühl in Schlesien. L. J. 1887. I. 89.

A. Des Cloizeaux, Sur l'existence de la dispersion tournante dans un cristal du système orthorhombique. Bull. Soc. min. Fr. 1882. V. 58.

— Nouvelles observations sur divers échantillons de Prehnite. Ibidem. V. 125.

E. Mallard, Sur les anomalies optiques de la Prehnite. Ibidem. V. 195.

Krystalle von Prehnit mit gesetzmässiger Begrenzung sind sehr selten. Ihre Form wird dann wesentlich durch oP (001) und ∞P (110) mit $110 : 1\bar{1}0 = 99^{\circ}\,48'$ gegeben. Meistens bildet er unregelmässig begrenzte Tafeln nach oP (001), die sich gern rosettenförmig, parallel oder wenig divergirend bis fächerförmig aggregiren, oder körnige Massen mit ziemlich isometrischer Ausbildung der Einzelindividuen, oder endlich fasrige Aggregate, welche sich gern zu Sphärokrystallen ordnen und deren Faseraxe Axe der grössten Elasticität zu sein pflegt; sie wären somit nach der Brachydiagonale oder Makrodiagonale gestreckt.

Die Spaltbarkeit nach oP (001) giebt sich durch recht scharfe Risse kund, die unvollkommene Spaltbarkeit nach ∞P (110) ist nicht mikroskopisch wahrnehmbar. — H. = 6—6.5.

Der Prehnit wird meistens vollkommen wasserhell durchsichtig. Das Brechungsvermögen ist mässig, die Doppelbrechung stark, der Charakter positiv. Bei vollständig homogenen Krystallen ist ∞P∞ die Axenebene und c positive Bissectrix nach Des Cloizeaux. Bei Beutell fehlt die Angabe über die Lage der Axenebene. Die Dispersion ist schwach und wird theils $\varrho > v$, theils $\varrho < v$ angegeben. Das optische Schema der einfachen Krystalle ist darnach $a = a$, $b = b$, $c = c$. Des Cloizeaux bestimmte am Prehnit von Ratschinges in Tyrol für Na-Licht $\alpha = 1.616$, $\beta = 1.626$, $\gamma = 1.649$, somit

* Ann. de Chimie et de Physique (5.) XIX.

$\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.630$, $\gamma-\alpha = 0.033$, $\beta-\alpha = 0.010$, $\gamma-\beta = 0.023$. Die Interferenzfarben sind selbst in dünnen Platten leuchtend. — An vollständig normalen Platten von Jordansmühl fand Beutell $2V_{na} = 69^0\,22'$.

Die gesteinsbildenden Prehnite zeigen ebenso, wie viele aufgewachsene Krystalle von Farmington, Arendal, den Pyrenäen, der Dauphiné, von Striegau, von Harzburg u. a. O. abnorme optische Erscheinungen, die sich auf den ersten Blick dadurch documentiren, dass die Durchschnitte bei keiner Stellung zwischen gekreuzten Nicols dunkel werden, sondern mit der Stellung wechselnde Interferenzfarbe, in sehr dünnen Schliffen tief himmelblau und lederbraun, und dass sie eine mikroklinähnliche, gegitterte, aber oft sehr verwaschene Streifung zeigen. Im regelmässigsten Falle, den Fig. 145 in basischem Schnitte zeigt, zerfällt ein Krystall in drei Sectoren, einen keilförmigen, welcher sich an die Fläche $\infty P\infty$ (100), und zwei grössere, die sich an die Flächen von ∞P (110) anschliessen. Die keilförmige Partie besteht aus Lamellen, die sich rechtwinkelig nach (100) und (010) kreuzen, und löscht regelmässig und zwar parallel und senkrecht zu der Kante von (100) aus. Die Axenebene liegt bald senkrecht zu (100) mit $\varrho > v$, bald parallel diesem mit $\varrho < v$ und der Axenwinkel schwankt von dem normalen Werthe abwärts bis 0^0, auch liegen die rothen und blauen Axen wohl in den zu einander senkrechten Ebenen, (100) für blau und (010) für roth. Die Dispersion ist abnorm und meistens gekreuzt. Die grossen randlichen Theile bauen sich aus zwei Lamellensystemen auf, deren eines je genau parallel der begrenzenden Prismenfläche orientirt ist, während das andere nicht genau parallel der andern Prismenfläche geht. Die Lamellensysteme schneiden sich unter 82^0—83^0, statt unter $80^0\,12'$. Diese Theile löschen in keiner Stellung zwischen gekreuzten Nicols das Licht aus und lassen im convergenten Lichte ein gestörtes Interferenzbild beobachten mit meist starker gekreuzter Dispersion, sehr wechselndem Axenwinkel und einem nicht unbeträchtlichen, für die verschiedenen Wellenlängen verschiedenen Schwanken in der Lage der Axenebene, die allenthalben für roth weiter von der Normalen auf (100) abweicht, als für blau. — Die Vertheilung der sich verschieden verhaltenden Krystallfragmente ist nicht immer eine so regelmässige. — Eine Erklärung

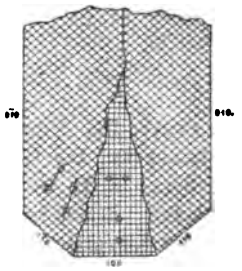


Fig. 145.

dieser Phänomene giebt E. Mallard (l. c.). Darnach besteht der mittlere Keil aus Lamellen, die theils ihre spitze, theils ihre stumpfe Bissectrix zur Basisfläche des Sammelindividuums senkrecht haben, in den randlichen Theilen würden die Lamellen um 60° gegen einander um die Vertikalaxe gedreht sein.

Sp. Gew. = 2.80—2.95. — Chemische Zusammensetzung = $H_2Ca_2Al_2Si_3O_{12}$. — Wird von Salzsäure kaum angegriffen, wobei die Kieselsäure sich pulverig abscheidet; nach dem Schmelzen mit HCl gelatinirend.

Prehnit kommt als Neubildung auf Klüften und in Hohlräumen in Dioriten, Diabasen, Gabbros und verwandten Gesteinen, nicht selten in manchen Amphiboliten, gelegentlich in körnigen Kalken und Dolomiten des krystallinen Schiefergebirges vor.

Zoisit.

Literatur.

Fr. Becke, Die Gesteine der Halbinsel Chalcidice. T. M. P. M. 1878. I. 248—250.

O. Luedecke, Der Glaukophan und die glaukophanführenden Gesteine der Insel Syra. Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 259—260.

A. Sauer, Erläuterungen zur Section Kupferberg der geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen. Leipzig. 1882. 25.

G. Tschermak und L. Sipöcz, Beitrag zur Kenntniss des Zoisit. S. W. A. LXXXII. 1880. Juli.

Der Zoisit bildet in den Felsarten entweder einzelne Krystalle oder stenglige Aggregate, welche aus mehr oder weniger parallelen oder schwach divergenten Säulchen bestehen. Nur in der vertikalen Zone pflegt vollkommene und sicher erkennbare krystallographische Begrenzung aufzutreten; es herrschen dann die Formen ∞P (110) mit 116° 26′; selten fehlt $\infty P\breve{\infty}$ (010), oft sind ausserdem eine grosse Anzahl abgeleiteter Prismen vorhanden, unter denen $\infty P\breve{4}$ (140), $\infty P\breve{2}$ (120), $\infty P2$ (210) und $\infty P3$ (310) zu nennen sind. Die Neigungen dieser Prismen gegen die Hauptspaltfläche sind $\infty P\breve{4} : \infty P\breve{\infty} = 158° 2'$, $\infty P\breve{2} : \infty P\breve{\infty} = 141° 6'$, $\infty P2 : \infty P\breve{\infty} = 107° 13'$, $\infty P3 : \infty P\breve{\infty} = 101° 38'$. — In den seltenen Fällen, wo man terminale Flächen sieht, scheinen P (111) und $2P\breve{\infty}$ (021) vorzuliegen. Ziemlich verbreitet ist eine Art Hemimorphismus mit Beziehung auf die Axe b, indem auf einer Seite des Krystalls Prismenflächen ausgebildet sind, die der andern fehlen, welche dann mit breitem $\infty P\breve{\infty}$ abzuschliessen pflegt. — Die Durchschnitte der Krystalle senkrecht zur Prismenaxe sind darnach rhombisch (∞P), oder an-

scheinend hexagonal (∞P . $\infty P\breve{\infty}$), oder vielkantig bis rundlich, oder endlich trigonal bis trapezförmig, die Längsschnitte sind stets leistenförmig. Die Länge überwiegt die Dicke gewöhnlich um das Dreifache oder mehr; seltener werden beide Dimensionen annähernd gleich und das Mineral nimmt Körnerform an. Zwillingsbildungen sind morphologisch nicht zu beobachten, scheinen aber nach dem optischen Verhalten ziemlich häufig zu sein. — Die Dimensionen schwanken von mehreren Centimetern bis zum mikrolithischen.

Der Zoisit ist durch eine sehr vollkommene Spaltbarkeit nach $\infty P\breve{\infty}$ (010) charakterisirt, welche sich durch sehr scharfe und zahlreiche Risse parallel der Längsrichtung in allen Schnitten nach der Prismenzone und nach der Basis documentirt. Eine zweite weit weniger vollkommene Spaltbarkeit geht nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) und wird auf Durchschnitten nach $\infty P\breve{\infty}$ (010) und nach der Basis sichtbar. Die ihr entsprechenden Risse sind wenig zahlreich und halten nicht auf längere Strecken an. Ausserdem ist eine Querabsonderung, annähernd parallel der Basis, um so deutlicher wahrnehmbar, je länger die Individuen werden. Die Klüfte, durch welche sie sich kundgiebt, sind nicht genau geradlinig und nicht genau parallel. — Verbiegungen der Säulchen sind nicht selten. Die Basis scheint Gleitfläche zu sein. H. = 6—6.5.

Im frischen Zustande ist der Zoisit wasserhell durchsichtig, doch sind grössere Krystalle und Aggregate oft randlich, kleinere auch wohl durch und durch getrübt und erscheinen dann grau bis grünlichgrau. Die durch Mangan rothgefärbten Varietäten (Thulit) sind je nach der Schnittlage verschiedenfarbig roth, gelb oder nahezu farblos im durchfallenden Lichte. Der mittlere Brechungsexponent ist ziemlich hoch, nach Des Cloizeaux $\beta_\varrho = 1.69—1.70$, A. Michel-Lévy und A. Lacroix geben für Zoisit von der Saualpe $\alpha = 1.696$, $\beta = 1.696$, $\gamma = 1.702$. An Prismen des Zoisit von Ducktown, Tennessee fand A. Osann $\alpha_{na} = 1.7002$, $\beta_{na} = 1.7025$, $\gamma_{na} = 1.7058$, also $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.7028$, $\gamma-\alpha = 0.0056$, $\gamma-\beta = 0.0033$, $\beta-\alpha = 0.0023$ und E. Wülfing bestimmte an demselben Vorkommen mit dem Compensator $\gamma-\alpha = 0.0067$. Demgemäss ist das Relief sehr deutlich, die Interferenzfarben sehr niedrig. In Schliffen, welche nicht parallel der Axenebene liegen und sehr dünn sind, wird die Doppelbrechung oft erst bei Anwendung empfindlicher Farbentöne (Gypsblättchen, Quarzplatte) wahrnehmbar. In Schnitten dieser Lage tritt sehr constant zwischen gekreuzten Nicols selbst noch

bei dickeren Schliffen jene eigenthümlich hellblaue Interferenzfarbe auf, welche bei Melilithen und gewissen Chloriten, wohl in Folge ihres für verschiedene Wellenlängen verschiedenen optischen Charakters, statt der eisengrauen Töne der ersten Ordnung erscheint. Kein anderes rhombisches Mineral hat bei so hohem Brechungsexponenten so geringe Doppelbrechung. Die gleiche Combination von Eigenschaften findet sich nur noch bei dem quadratischen Vesuvian. Selbst in Schnitten parallel der Axenebene geht die Interferenzfarbe im Dünnschliff wohl nur bei ziemlicher Dicke über das Gelb I. Ordnung hinaus. — Die Axenebene liegt bei dem Zoisit bald in der Hauptspaltfläche, bald in der Basis, ja es wechselt die Orientirung in ein- und demselben Krystall gelegentlich. Bei dem gesteinsbildenden Zoisit scheinen beide Lagen ziemlich gleich häufig aufzutreten. In beiden Fällen ist a die spitze Bissectrix und der Charakter der Doppelbrechung positiv; demnach im ersten Falle das optische Schema a = c, b = b, c = a, im zweiten Falle a = c, b = a, c = b. Der Winkel der optischen Axen schwankt in weiten Grenzen von nahezu 0° bis 100° in Luft; er ist im allgemeinen recht klein bei den gesteinsbildenden Zoisiten und Schnitte nach $\infty P\bar{\infty}$ lassen im convergenten Lichte meistens schon in Luft beide Axen wahrnehmen. Die Axenbilder sind jedoch nicht selten gestört. Charakteristisch ist die starke Dispersion, derzufolge die Hyperbelpole innen und aussen sehr verschieden gefärbt sind. Bei basaler Lage der Axenebene scheint, wie schon Des Cloizeaux angiebt, die Dispersion immer $\varrho > v$, bei brachypinakoidaler Lage $\varrho < v$ zu sein.

Tschermak schloss aus seinen Beobachtungen am Zoisit von Ducktown und andern Localitäten, dass die wechselnde Orientirung der Axenebene bei diesem Mineral sich durch eine Zwillingsbildung erklären liesse, bei welcher die Individuen symmetrisch zu $3\breve{P}\bar{\infty}$ (031) lägen, welche Fläche gegen b um 45° 49′, gegen c um 44° 11′ geneigt ist. Die Verwachsung wäre eine lamellare und die Verwachsungsebene z. Th. ∞P (110), z. Th. $\infty\breve{P}4$ (140) und $\infty P2$ (210). Für diese Auffassung spricht das Verhalten der Zoisitschnitte im parallel polarisirten Lichte. Auf Schnitten nach der Basis bei Krystallen von Ducktown und der Saualpe tritt die Auslöschung in der ganzen Ausdehnung gleichzeitig ein. Bei Drehung zwischen gekreuzten Nicols aber färben sich dieselben nach Feldern und Lamellen verschiedenfarbig und die Grenzen dieser Felder fallen mit Projectionen der Prismenflächen zusammen. Auf den Feldern.

welche die niedrigste Interferenzfarbe zeigen, beobachtet man im convergenten Lichte den Austritt einer stumpfen Bissectrix, die lebhaft gefärbten Felder sind anscheinend parallel der Axenebene geschnitten. Die Schnitte aus der Prismenzone zeigen gleichfalls einen lamellaren Farbenwechsel bei schräger Lage gegen die Hauptschnitte der gekreuzten Nicols und löschen auch nicht in ihrer ganzen Ausdehnung aus, wenn die Spaltbarkeit nach $\infty P\breve{\infty}$ (010) mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt; doch ist die Abweichung klein und meistens schwer wahrnehmbar. Deutlicher wird die ungleichzeitige Auslöschung bei unsymmetrischen Schnitten. Die Lamellen durchsetzen die Schnitte nicht immer vollständig, sondern normale und in anscheinender Zwillingsstellung befindliche Theile verzahnen sich oft in sehr willkürlicher Weise. — Die scheinbar einfachen Krystalle sind demnach recht complicirte Gebilde und die Anomalien in der Grösse des Axenwinkels und der Gestalt des Axenbilds erklären sich dadurch, dass man nicht einfache homogene Platten, sondern in vielen Fällen ein System von gekreuzten Platten mit derselben Bissectrix, aber sich rechtwinklig schneidenden Axenebenen beobachtet. Die Zoisite im Eklogit der Saualpe und im Zoisit-Amphibolit von Schmiedeberg im Erzgebirge zeigen sehr deutlich die besprochenen Phänomene.

Der Zoisit zeigt keinen Pleochroismus und keine Absorptionsunterschiede, wenn er farblos ist; der manganhaltige Thulit dagegen ist stark pleochroitisch. Die nach c schwingenden Strahlen sind gelblich, die nach b schwingenden rosenroth, die nach a schwingenden röthlichweiss bei hellrosa in sehr dünnen Schliffen. Die Axenebene liegt in der Ebene des gelblichen und röthlichweissen Strahles. die Dispersion ist stark $v > \varrho$. $2E$ schwankend von 0° bis 40° etwa. — Die Zwillingsbildungen, die Spaltbarkeit und das optische Schema wie bei Zoisit nach den Beobachtungen am Thulit von Lerviken und von Souland.

Sp. G. = 3.25—3.36. — Chemische Zusammensetzung = $H Ca_2 Al_3 Si_3 O_{13}$. Säuren greifen den Zoisit nicht an im ungeglühten Zustande. Der Zoisit schmilzt unter Aufkochen und gelatinirt dann mit HCl. Die Isolation gelingt leicht nach specifischem Gewicht und unter Benutzung seiner Unanziehbarkeit durch den Magneten. Mit Kieselflusssäure giebt das Pulver starke Reaction auf Kalk; im Aufschluss erhält man mit CsCl reichliche Krystalle von Caesiumalaun.

Die kleinen Individuen des Zoisit sind im Allgemeinen einschluss-

frei; die grösseren enthalten sehr häufig Flüssigkeitsinterpositionen von rundlichen und anderen Formen und sehr feine röhrenförmige Canäle, welche der Spaltbarkeit parallel laufen, dann aber auch bisweilen mannichfach sich ins Innere der Krystalle hinein verzweigen und umbiegen. Einlagerungen von Amphibolmikrolithen sind nicht selten; auch diese pflegen wie die Flüssigkeitseinschlüsse geordnet zu sein.

Der Zoisit ist wesentlich ein Mineral der Formation der krystallinen Schiefer, und zwar sind es die hornblendereichen Glieder derselben, in denen er zu Hause ist. So beschrieb ihn Ries*, F. Schalch und A. Sauer** aus Eklogiten, Fr. Becke*** und A. Sauer (l. c.) aus Amphiboliten des niederösterreichischen Waldviertels und des Erzgebirges, die wegen der Häufigkeit des Zoisit geradezu Zoisit-Amphibolite genannt werden. Einem solchen Gestein aus Portugal ist das Bild Taf. XVIII Fig. 2 entnommen, welches eine Vorstellung von der Art des Auftretens dieses Minerals geben soll. O. Luedecke (l. c.) bestimmte ihn in den Glaukophangesteinen von Syra. — Ein nahe verwandtes Vorkommen ist das Erscheinen des Zoisit als wesentlichster Bestandtheil des sogenannten Saussurit in Gabbrogesteinen, in welchem man wohl das Product einer dynamometamorphen Umwandlung von Plagioklasen wird sehen müssen. Hierher scheint auch vielleicht das von Becke (l. c.) beschriebene Zoisit-Diallaggestein von Portaria auf der Halbinsel Chalcidice zu gehören. Die rothe Farbe des Porfido antico ist z. Th. durch Thulit, welcher als Umwandlungsproduct der Plagioklase auftritt, bedingt; derselbe unterscheidet sich von dem mit ihm vergesellschafteten rothen Epidot leicht durch Lage der Axenebene gegen die Spaltbarkeit und die geringe Doppelbrechung.

Astrophyllit.

Literatur.

W. C. Brögger, Das Krystallsystem des Astrophyllit. Z. X. 1878. II. 278.
— Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 200.
G. A. König und H. Bücking, Ueber das Vorkommen von Astrophyllit, Arfvedsonit und Zirkon in El Paso Co., Col. Z. X. 1877. I. 423.

* Untersuchungen über die Zusammensetzung der Eklogite. T. M. P. M. 1878. I. 199.

** Erläuterungen zur Section Zschopau der geolog. Specialkarte des Königreichs Sachsen. Leipzig. 1880. 15.

*** Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. T. M. P. M. 1881. IV. 312.

Das Krystallsystem des Astrophyllit ist nicht sicher festgestellt. Wir folgen der Annahme von Des Cloizeaux und Brögger (in seiner letzten Publication) und zählen ihn zu den rhombischen Körpern. Das Axenverhältniss ist nach Brögger a : b : c = 1.0098 : 1 : 4.7556. Die beiden vorkommenden Typen 1) langgestreckt nach der Vertikalen, 2) langgestreckt nach der Makrodiagonalen geben Fig. 146 und 147. Darin ist $a = \infty P\breve{\infty}$ (100), $l = P$ (111), $x = P\breve{2}$ (122), $i = P\breve{\frac{3}{4}}$ (344), $g = \frac{2}{3}P\breve{\infty}$ (203), $\beta = \frac{1}{50}P\breve{\infty}$ (1.0.50). Immer sind nur drei Zonen 100 : 111, 100 : 1$\bar{1}$1 und 100 : 203 vorhanden mit a : l = 134° 6′, a : i = 126° 38′, a : g = 150° 30′, a : β = 95° 23′. — Durchwachsungen, wohl auch

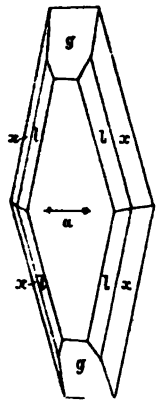


Fig. 146.

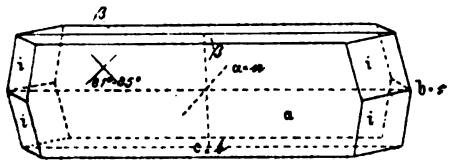


Fig. 147.

Zwillingsbildungen, sternförmige (wonach der Name) und walzenförmige Gruppirungen sind häufig.

Eine Spaltbarkeit von glimmerartiger Vollkommenheit geht nach a (100) = $\infty P\breve{\infty}$, die Spaltblättchen sind spröde, nicht biegsam, wie bei Glimmer. — Die Schlagfigur (Fig. 147) ist zweistrahlig; ihre Strahlen schneiden sich unter 81°—85°, vielleicht entsprechend $\frac{1}{4}P\breve{\infty}$ (014). — H. = 3.5.

Auf der Hauptspaltfläche fast halbmetallischer Glanz; die andern stets parallel der Combinationskante mit a gestreiften Flächen sind wenig glänzend mit Neigung ins Fettige. — Farbe im auffallenden Licht orangegelb, goldgelb bis bronzebraun. — Die Ebene der optischen Axen liegt in der Basis und auf der vollkommenen Spaltfläche tritt die negative stumpfe Bissectrix aus (s. Fig. 146 und 147) mit $\varrho < v$. Der Axenwinkel ist gross und schwankt innerhalb der Grenzen

$2H_0 = 114^0$—125^0 etwa. — Eine von H. Böcking und früher auch von W. C. Brögger betonte Schiefe der stumpfen Bissectrix gegen die Normale auf der Hauptspaltfläche wird von diesem jetzt mit der sehr constanten Krümmung dieser Fläche in Beziehung gebracht; sie überschreitet nicht $3\frac{1}{2}^0$. — Die Bissectricendispersion ist sehr schwach. Brechungsvermögen und Doppelbrechung sind hoch. A. Michel-Lévy und A. Lacroix geben für den Astrophyllit des Langesund $\gamma = 1.733$, $\beta = 1.703$, $\alpha = 1.678$, also $\gamma - \alpha = 0.055$, $\gamma - \beta = 0.030$, $\beta - \alpha = 0.025$. — Der Pleochroismus ist deutlich für a tieforangegelb bis dunkelroth, b orange, c citrongelb. Absorption $a > b > c$. Im Gegensatz zu den Glimmern (Manganophyll ausgenommen) werden also die senkrecht zur Spaltung schwingenden Strahlen am stärksten absorbirt.

Sp. Gew. = 3.324—3.375. — Chemische Zusammensetzung des Astrophyllit von El Paso, Col., nach König = $H_8(K, Na)_4(Fe, Mn)_9 \overset{III}{Fe}_4 Ti_4 Si_{33} O_{52}$, worin etwas Ti durch Zr, $\overset{III}{Fe}$ durch $\overset{III}{Al}$, Fe durch Mg und Ca vertreten wird. Hiermit nahe übereinstimmend eine Analyse von H. Bäckström am Astrophyllit von Eikaholmen, der indessen einen Fluorgehalt von fast 1 % nachwies. — Salzsäure greift den Astrophyllit kaum an.

Bei Verwitterung wird der Astrophyllit mürbe und etwas biegsam, scheidet viel Eisenhydroxyd aus und geht in eine fast farblose, schwach licht- und doppelbrechende Substanz über. Schnitte nach der Hauptspaltfläche geben dann ein fast einaxiges Interferenzbild. Brögger möchte dieses Umwandlungsproduct für ein eisenarmes Glied der Chloritgruppe halten.

Die Heimath des Astrophyllit, den man lange nur aus dem Langesundgebiet kannte, sind die Eläolithsyenite und verwandte alkalireiche Tiefengesteine.

Talk.

Der gesteinsbildende Talk hat die Form von Blättchen, welche mit Vorliebe nach einer Richtung in die Länge gezogen sind und daher wie platte Stengel aussehen; seltener sind die Blättchen in der Horizontalebene äquidimensional entwickelt und haben dann rundliche bis hexagonale (∞P . $\infty P\breve{\infty}$) Umrisse. Hervorzuheben ist die Neigung zu rosettenartiger Anordnung, welche bis zu mehr oder weniger vollständiger Sphärolithform führt; demnächst ist eine regellose Verfilzung der gestreckten Blättchen sehr verbreitet.

Nur bei den äquidimensionalen Blättchen kommt die parallele Anordnung in weiterer Verbreitung vor.

Die vollkommene Spaltbarkeit nach oP (001) ist in allen nicht basalen Schnitten fast so deutlich, wie bei den Glimmern. Die Schlagfigur, ein dreistrahliger Stern, dessen Strahlen sich unter 60° schneiden (Fig. 148) und von denen einer senkrecht auf $\infty P\bar{\infty}$ (010) steht, deutet auf Gleitflächen in der Prismenzone, für welche aber kein mikroskopischer Ausdruck wahrnehmbar ist; vielmehr erweisen sich die Blättchen ohne Bruch und Riss in der regellosesten Weise verbogen und geknickt. — Die gemeine Biegsamkeit ist an den isolirten Blättchen gut zu constatiren. — H. = 1.

Der Talk ist farblos durchsichtig und besitzt einen niedrigen Brechungsexponenten. Derselbe ist nicht wohl direct bestimmbar, er berechnet sich im Mittel nach S. 157 zu 1.551. Die Doppelbrechung ist sehr stark; A. Michel-Lévy* bestimmte $\gamma - \alpha$ zu 0.038—0.043. Die Interferenzfarben sind demgemäss sehr hohe und stimmen nahezu mit denjenigen des auch sonst sehr ähnlichen Muscovit. — Die Ebene der optischen Axen liegt im Makropinakoid und c ist negative Bissectrix des ziemlich kleinen Axenwinkels. Dispersion ist nicht zu beobachten. Fig. 148 giebt das Schema des Talk eingetragen in ein Blättchen mit Begrenzung durch Prisma und Brachypinakoid. Die punktirten Linien geben die Lage der Schlagfigur, der dritte Strahl fällt zusammen mit b. — Im parallel polarisirten Lichte zeigen Blättchen nach oP oft eine schwache Feldertheilung und das Interferenzbild ist vielfach gestört im convergenten Licht. Schnitte schief und senkrecht zu oP löschen parallel und senkrecht zu den Blätterdurchgängen aus. Die rosettenförmigen bis sphärolithischen Aggregate geben im parallelen Lichte zwischen gekreuzten Nicols das dunkle Kreuz parallel den Nicolhauptschnitten mit lebhafter Färbung der hellen Quadranten. Sowie die Schnitte nicht sehr dünn sind, erhält man die weisslich-röthlichen und weisslich-grünen Farben der vierten Ordnung.

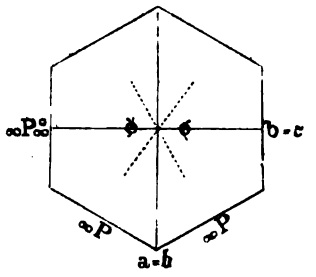


Fig. 148.

Sp. G. = 2.7—2.8. — Chemische Zusammensetzung: H_2Mg_3

* Bull. Soc. min. Fr. 1884. VII. 46.

Si_4O_{12}. Nahezu unschmelzbar. Mit Kobaltsolution geglüht wird er fleischroth. Säuren sind fast wirkungslos.

Mit dem Talk kann man den Brucit und Muscovit leicht verwechseln. Vom ersteren unterscheidet ihn der optische Charakter im convergenten Licht und der Mangel der Thonerde-Reaction im Aufschluss mit Alkalicarbonat; vom letzteren das Fehlen der Alkalien bei Behandlung mit Kieselflusssäure und die Reaction mit Kobaltsolution.

Der Talk pflegt einschlussfrei zu sein; doch sind zumal die grösseren Lamellen oft durchspickt von Tremolitnadeln, auch wohl von Rutil und umschliessen gelegentlich Biotit.

Als wesentlicher Gesteinsgemengtheil findet sich Talk im Gebiete der krystallinen und dynamometamorphen Schiefer, so im Talkschiefer, im Duelo* und im Listwänit**. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass er in den letztgenannten Gesteinen pseudomorph nach nicht mehr bestimmbaren Magnesiasilikaten, etwa nach Enstatit, sei. Er ist gern vergesellschaftet mit rhomboëdrischen Carbonaten und mit Quarz. — Im Gebiet der Eruptivgesteine kommt er wohl nur pseudomorph nach Magnesiasilikaten und auch so nur spärlich vor. Die Pseudomorphose nach Enstatit an den Krystallen von Bamle in Norwegen beschrieben Brögger und vom Rath***, eine solche nach Tremolit Tschermak†.

Natrolith.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitspegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 598.

Der Natrolith ist nirgends ein ursprünglicher Gemengtheil von Gesteinen, erscheint jedoch als Umwandlungsproduct aus Sodalith, Nosean, Nephelin und sauren Plagioklasen ausserordentlich häufig, theils in wirklichen Pseudomorphosen nach den genannten Mineralien, theils in Drusenräumen und auf Klüften. Derselbe bildet fast allenthalben radiale Aggregate, welche bald parallelstrahlig, bald divergent bis radialstrahlig struirt sind, ja sich nicht selten

* J. Macpherson, Apuntes petrograficos de Galicia. Anal. Soc. Espan. de hist. nat. Madrid. X. 1881.

** M. von Miklucho-Maclay, Beobachtungen an einigen Schiefern von dem Berge Poroschnaja bei Nishne-Tagilsk im Ural. L. J. 1885. I. 69.

*** B. M. 26. Oct. 1876.

† T. M. M. 1876. 65.

zu förmlichen Sphärokrystallen ordnen. Die Stengelaxe der Individuen entspricht der krystallographischen Vertikalaxe.

Eine Spaltbarkeit ist an den stengligen Massen nur sehr selten zu beobachten; sie geht alsdann parallel dem Prisma und erscheint in Querschnitten in der Gestalt sich anscheinend rechtwinklig schneidender Risssysteme, in Längsschnitten als parallele Linien. — H. = 5—5.5.

Im durchfallenden Lichte farblos, wenn die Einzelindividuen nicht zu winzig sind, gelblich bis bräunlich und trübe bei sehr geringen Querdimensionen derselben. — Das Brechungsvermögen ist gering, die Doppelbrechung von mässiger Stärke. An Messungen liegen vor für Natrolith von der

Auvergne	$\alpha_\varrho = 1.4768$	$\beta_\varrho = 1.4797$	$\gamma_\varrho = 1.4887$	$2V_\varrho = 58°57^1/_2'$	Des Cloiz.
Stockö	$\alpha_{li} = 1.47287$	$\beta_{li} = 1.47631$	$\gamma_{li} = 1.48534$	$2V_{li} = 61°56'$	Brögger
	$\alpha_{na} = 1,47543$	$\beta_{na} = 1.47897$	$\gamma_{na} = 1.48866$	$2V_{na} = 62°15'$	Brögger
	$\alpha_{tl} = 1.47801$	$\beta_{tl} = 1.48172$	$\gamma_{tl} = 1.49181$	$2V_{tl} = 62°34'$	Brögger
Klein-Arö *	$\alpha_{li} = 1.47577$		$\gamma_{li} = 1.48807$	$2V_{li} = 62°16^1/_2'$	Lorenzen
	$\alpha_{na} = 1.47783$		$\gamma_{na} = 1.49047$	$2V_{na} = 62°29^1/_2'$	Lorenzen
	$\alpha_{tl} = 1.48030$		$\gamma_{tl} = 1.49296$	$2V_{tl} = 62°39^1/_2'$	Lorenzen
„		$\beta_{na} = 1.48010$	$\gamma_{na} = 1.48930$		

Daraus für Na $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.4810$, $\gamma-\alpha = 0.0132$, $\gamma-\beta = 0.0097$, $\beta-\alpha = 0.0035$. Die Ebene der optischen Axen liegt in $\infty P\bar{\infty}$ (010) und die Vertikalaxe ist positive spitze Bissectrix, demnach a = a, b = b, c = c. — Die Auslöschungen in Längsschnitten liegen parallel der Stengelaxe, in Querschnitten diagonal zu der Spaltbarkeit. Bei monoklinen Natrolithen sind die Auslöschungsschiefen in der Prismenzone sehr gering, bis zu 5° höchstens. Von den Skoleziten unterscheiden sich die Natrolithe dadurch, dass bei jenen die Vertikalaxe die Axe der grössten Elasticität ist. Die radialstrahligen Aggregate geben gar zierliche Interferenzkreuze im parallelen Lichte zwischen gekreuzten Nicols; die Arme derselben liegen parallel den Nicolhauptschnitten.

Sp. G. = 2.17—2.26. — Chemische Zusammensetzung: $Na_2Al_2Si_3O_{10} + 2aq$. — Gelatinirt leicht mit Salzsäure. — Die Aggregate zeigen meistens sehr reine Substanz; sie umschliessen gelegentlich Eisenglimmerblättchen, Diaspor und Interpositionen der Muttermineralien.

* Die Krystalle waren mit Wahrscheinlichkeit monoklin.

Thomsonit.

Literatur.

A. Lacroix, Sur le diagnostic des zéolithes en absence de formes cristallines déterminables. Bull. Soc. min. Fr. 1885. VIII. 328.

Der Thomsonit erfüllt in den Ergussgesteinen Mandel- und durch Auswitterung entstandene Hohlräume, oder er hat sich auf Klüften und Spalten angesiedelt. Einzelkrystalle sind selten zu beobachten. Am häufigsten sind strahlige bis blättrige Aggregate in büschelförmiger bis sphärolithischer Anordnung. Die Strahlenaxe ist die vertikale Krystallaxe.

Spaltbarkeit gut nach $\infty P\breve{\infty}$ (010) und $\infty P\breve{\infty}$ (100), also in der Längsrichtung der Strahlen; eine Querabsonderung nach oP (001) ist gelegentlich vorhanden. — H. = 5—5.5.

Farblos durchsichtig. Brechungsvermögen gering, Doppelbrechung stark. Die Axenebene liegt in der Basis und die Makrodiagonale ist positive Bissectrix. Das optische Schema ist darnach $a = a$, $b = c$, $c = b$, so dass die Strahlen je nach der Schnittlage bald positiven, bald negativen Zonencharakter zeigen. A. Des Cloizeaux fand $\alpha_\varrho = 1.497$, $\beta_\varrho = 1.503$, $\gamma_\varrho = 1.525$. $2V_\varrho = 53° 50'$ an böhmischen Krystallen mit starker Dispersion $\varrho < v$. Daraus $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.508$, $\gamma - \alpha = 0.028$, $\gamma - \beta = 0.022$, $\beta - \alpha = 0.006$. Es ist der am stärksten doppelbrechende Zeolith.

Sp. Gew. = 2.31—2.38. — Chemische Zusammensetzung = $(Ca, Na_2)_2 Al_4 Si_4 O_{16} + 5$ aq. Gelatinirt mit Salzsäure.

Mineralien des monoklinen Krystallsystems.

Schnitte durch ringsum gesetzmässig begrenzte Krystalle des monoklinen Systems, beziehungsweise die Figuren, welche die den Blätterdurchgängen entsprechenden Spaltrisse bilden, sind nur dann symmetrisch, wenn sie der orthodiagonalen Zone angehören. Die Spaltbarkeit ist entweder eine monotome (nach Pinakoiden oder Orthodomen) und folgt dann der Symmetrie-Ebene oder steht zu ihr senkrecht; oder sie geht gleichwerthig nach zwei Flächen (prismatisch), welche denselben Winkel mit der Symmetrie-Ebene bilden. Eine monotome Spaltbarkeit liefert in allen Schnitten, die nicht der Spaltfläche parallel gehen, ein einziges System von parallelen Spaltrissen. Zwei monotome Spaltbarkeiten, die an demselben Krystall auftreten, können nicht gleichwerthig sein; sie liefern parallele Spaltrisse in allen Schnitten aus der Zone der Spaltbarkeiten, sich kreuzende Systeme ungleich vollkommener Spaltrisse in allen andern Schnitten. Eine prismatische Spaltbarkeit bedingt der Form nach analoge Spaltrisse, wie zwei monotome Blätterdurchgänge; dieselben unterscheiden sich jedoch dadurch, dass erstere gleich vollkommene Spaltensysteme liefern. Besitzt ein Mineral eine prismatische und eine monotome Spaltbarkeit, so liegt letztere in der Diagonale der ersteren.

Das Elasticitätsellipsoid der monoklinen Krystalle ist dreiaxig; die eine Axe desselben fällt mit der orthodiagonalen oder Symmetrie-Axe der Krystalle zusammen; die beiden andern liegen in der Symmetrie-Ebene $\infty P\breve{\infty}$ (010). Ist die mit der Orthodiagonalen zusammenfallende Elasticitätsaxe b, so liegen die optischen Axen in der Symmetrie-Ebene (symmetrische Axenlage) und sind, ebenso wie die Bissectricen, in dieser Ebene dispergirt (geneigte Dispersion); fällt eine der Bissectricen mit der Orthodiagonalen zusammen, so liegen die optischen Axen in einer Fläche der orthodiagonalen Zone (normalsymmetrische Axenlage). Die Dispersion ist alsdann horizontal oder gekreuzt, je nachdem die Orthodiagonale stumpfe oder spitze Bissectrix ist. Darnach löschen alle Schnitte, welche der ortho-

diagonalen Zone angehören, bei einer vollen Drehung viermal parallel und senkrecht zu den monotomen, diagonal zu den prismatischen Blätterdurchgängen aus (gerade Auslöschung); alle andern Schnitte, welche nicht senkrecht zu einer optischen Axe trafen. löschen bei einer Drehung viermal in Stellungen aus, bei welchen die genannten Cohäsionsminima gegen die Hauptschnitte der gekreuzten Nicols um bestimmte Winkel geneigt sind (schiefe Auslöschung). Die Neigung der in der Symmetrie-Ebene liegenden Elasticitäts-Axen gegen die Krystallaxen heisst die Auslöschungsschiefe und ist ein wichtiges Hülfsmittel zur Bestimmung der monoklinen Mineralien. Schnitte senkrecht zu einer optischen Axe bleiben bei Drehung zwischen gekreuzten Nicols gleichmässig hell. — Im convergenten Lichte liefern Schnitte senkrecht zu einer optischen Axe oder nicht allzuschief gegen diese, sowie auch die Schnitte senkrecht zu einer Bissectrix dieselben Interferenzbilder, wie die gleichliegenden Schnitte in rhombischen Krystallen. Doch zeigt der Axenbalken in Schnitten der ersten Lage bei hinreichend starker Dispersion der Substanz und normalsymmetrischer Axenlage verschieden gefärbte Ränder und die Farbenvertheilung in den Schnitten der zweiten Lage ist nicht disymmetrisch, wie im rhombischen System, sondern monosymmetrisch mit Beziehung auf die Symmetrie-Ebene, wenn die Bissectrix in dieser liegt (geneigte und horizontale Dispersion), symmetrisch mit Beziehung auf das Centrum der Interferenzfigur, wenn die Orthodiagonale Bissectrix ist (gekreuzte Dispersion). Die Vertheilung von Blau und Roth in den innersten Farbenringen oder an den Hyperbelpolen in der Diagonalstellung bestimmt auch hier, wie im rhombischen System, die relative Grösse des Winkels der optischen Axen. $\varrho > v$ oder $\varrho < v$.

Wenn monokline Mineralien Pleochroismus zeigen, so sind alle Schnitte dichroitisch, welche nicht senkrecht zu einer optischen Axe trafen; die Maxima der Farbenverschiedenheiten liegen um 90° auseinander und fallen nothwendig mit den Auslöschungsrichtungen zusammen in den Schnitten der orthodiagonalen Zone; in allen andern Schnitten ist diese Coincidenz ebenfalls gemeiniglich, aber nicht nothwendig vorhanden.

Manche monoklinen Mineralien (Glimmer, Chlorite) zeigen eine auffallende Annäherung in ihren optischen Eigenschaften an die Verhältnisse des hexagonalen oder des rhombischen Systems und sind bei der gewöhnlichen mikroskopischen Untersuchung oft nur sehr schwer oder gar nicht mit Sicherheit als monoklin zu erkennen.

Gyps.

Literatur.

Fr. Hammerschmidt, Beiträge zur Kenntniss des Gyps- und Anhydritgesteins. T. M. P. M. 1882. V. 245—285.

Der gesteinsbildende Gyps zeigt keine krystallographische Begrenzung; er erscheint in regellos körnigen Aggregaten. In secundären, vielleicht auch primären Trümern, welche die körnigen Massen durchziehen, ist er blättrig bis fasrig und die Faseraxe steht dann senkrecht zur Trumgrenze. Sie entspricht der krystallographischen Vertikalaxe nach Beobachtungen von J. Beckenkamp (Z. X. 1890. XVII. 331) am Fasergyps von Zimmersheim im Oberelsass. — Die Durchschnitte zeigen demnach keine charakteristischen Formen.

Die vollkommene Spaltbarkeit nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) bewirkt das Auftreten zahlreicher parallel laufender Risse; der Faserbruch, sowie der muschlige Bruch und die Gleitflächen nach $-P\bar{\infty}$ (101) und $\frac{1}{3}P\bar{\infty}$ (509) pflegen mikroskopisch im Gestein wenig in die Erscheinung zu treten. — H. = 2.

Der Gyps wird farblos durchsichtig, oder erweist sich durch kohlige Substanz grau bis graublau, durch Eisenhydroxyd oder Eisenoxydtäfelchen röthlich bis gelblich gefärbt. Das Brechungsvermögen ist gering, die Doppelbrechung wie am Quarz etwa. V. von Lang bestimmte $\alpha_{na} = 1.5207$, $\beta_{na} = 1.5228$, $\gamma_{na} = 1.5305$, also $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.525$, $\gamma-\alpha = 0.010$, $\gamma-\beta = 0.008$, $\beta-\alpha = 0.002$. — Die Axenebene liegt in der Symmetrieebene, die geneigte Dispersion ist deutlich. $2V = 61° 24'$ wird rasch kleiner bei zunehmender Temperatur. Die spitze positive Bissectrix liegt im stumpfen Winkel der vertikalen und klinodiagonalen Axe und ist gegen die erstere um $53° 40'$, gegen die letztere um $45° 15'$ geneigt.

Sp. G. = 2.2—2.4. Chemische Zusammensetzung = $CaSO_4 + 2aq$. Schwer in Wasser löslich. Giebt im Kolben viel Wasser, mit Soda auf Kohle geschmolzen Heparreaction.

Der Gyps umschliesst nicht selten ausser kohligen Substanzen und Eisenoxyden, die ihn pigmentiren, Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse von regelloser Gestalt oder in Krystallnegativen. Eingewachsen findet man Calcit, Magnesit, Dolomit und Quarz in Krystallen oder Körnern.

Man kennt den Gyps nur im Gypsgestein und im Anhydrit der Sedimentärformationen.

Monazit.

Literatur.

O. A. Derby, On the occurrence of Monazite as an accessory element in rocks. Amer. Journ. 1889. XXXVII. 109.

R. Scharizer, Der Monazit von Schüttenhofen. Z. X. 1887. XII. 255.

Ch. O. Trechmann, Beiträge zur Kenntniss des Turnerit. L. J. 1876. 593.

Als Gesteinsgemengtheil ist der Monazit stets in idiomorphen, aber zumeist sehr kleinen Krystallen ausgebildet, in den Sanden hat er durch Abrollung mehr oder weniger Körnerform erhalten. Die Krystalle sind fast stets tafelförmig nach $\infty P\bar{\infty}$ (100), selten ist eine deutlich prismatische Streckung, dann gewöhnlich nach der Axe b erkennbar. Die wichtigsten Winkel sind ∞P (110 : $1\bar{1}0$) = 93° 23′, $-P\bar{\infty}$: $\infty P\bar{\infty}$ (101 : 100) = 140° 44′, $P\bar{\infty}$: $\infty P\bar{\infty}$ ($10\bar{1}$: 100) = 126° 15′, $P\bar{\infty}$: $\infty P\bar{\infty}$ (011 : 010) = 131° 51′ (Fig. 149). Zwillinge nach (100) sind nicht allzu selten.

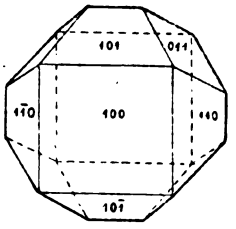


Fig. 149.

Nach oP (001) geht eine vollkommene, nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) und $\infty P\bar{\infty}$ (010) unvollkommene Spaltungen. — H. = 5.5.

Bei gelber bis bräunlicher, seltener röthlicher Körperfarbe wird der Monazit fast farblos bis gelblich durchsichtig. Die Ebene der optischen Axen liegt senkrecht zur Symmetrieebene und die positive spitze Bissectrix weicht nur wenig von der Vertikalaxe im stumpfen Winkel β ab, so dass Spaltblättchen nach oP die Interferenzfigur fast in der Mitte des Gesichtsfeldes zeigen. Des Cloizeaux fand an Krystallen von Norwich (Nouv. Rech. pg. 150) c : c = 3° 46′, $2E_\varrho$ = 29° 4′, $2E_v$ = 28° 48′, an sibirischen (Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 57), $2E_\varrho$ = 31° 8′ 30″, $2E_v$ = 31° 43′ 20″; Scharizer am Monazit von Schüttenhofen c : c = 5° 54′, $2E_\varrho$ = 25° 22′, $2E_{na}$ = 24° 56′; Vrba an dem von Pisek (Z. X. 1889. XV. 203) $2E_\varrho$ = 29° 7′, $2E_{na}$ = 28° 25′; E. Wülfing an dem von Arendal 2E = 24°, mit c : c = 3°. — Das optische Schema giebt Fig. 150. Das Brechungsvermögen ist hoch, die Doppelbrechung beträchtlich. R. Scharizer bestimmte nach der allerdings nicht gerade genauen Chaulnes'schen Methode β = 1.9465, α = 1.9285. E. Wülfing bestimmte an mehreren Prismen Arendaler Monazit als Mittelwerthe bei Anwendung von licht

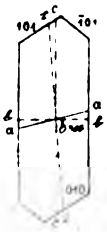


Fig. 150.

$\alpha = 1.7957$
$\beta = 1.7965$
$\gamma = 1.8411$

Die Werthe sind in Folge des ungünstigen Materials bis auf 4 Einheiten in der dritten Decimale unsicher. Eigene Messungen am Monazit von Arendal ergaben

$\gamma = 1.8446$
$\beta = 1.7999$

Die Doppelbrechung ist nach Wülfing's Messungen $\gamma - \alpha = 0.0454$, $\gamma - \beta = 0.0446$, $\beta - \alpha = 0.0008$. — Den Axenwinkel fand Wülfing im Mittel aus drei Messungen nach der Mallard'schen Methode $2E = 23^0\ 2'$. Andere Messungen ergaben $2E = 22^0\ 9'$, $24^0\ 6'$, 25^0, $25^0\ 4'$. Dispersion deutlich $\varrho < v$. Die horizontale Dispersion war nicht bemerkbar. Die Axenbilder zeigten eine eigenthümliche monosymmetrische Störung, welche vielleicht durch eine eingelagerte Zwillingslamelle bedingt wurde. — Der Pleochroismus ist im Allgemeinen kaum merklich, die Absorption deutlich $\mathfrak{b} > \mathfrak{c} = \mathfrak{a}$. Am Turnerit fand Trechmann $\mathfrak{a}$ hellgelb, $\mathfrak{b}$ dunkel-gelb, $\mathfrak{c}$ grünlichgelb.

Sp. G. = 5.16. — Chem. Zusammensetzung = $(Ce, La, Di)PO_4$. In HCl löslich mit Hinterlassung eines weisslichen Rückstandes.

Derby wies neuerdings die weite Verbreitung des Monazit in den Gneissen, Graniten und Syeniten Brasiliens und ihren Sanden auf mechanischem Wege nach. Aehnlich sind die Vorkommnisse in Skandinavien und Finnland, wohl auch in andern Gneiss- und Granitgebieten. — Die grossen Krystalle finden sich in den pegmatitischen Ausscheidungen dieser Gesteine.

Lazulith.

Literatur.

A. von Lasaulx, Optisch-mikroskopische Untersuchung der Krystalle des Lazulith von Graves Mt., Lincoln Co., Georgia, U. S. A. Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. Bonn. 1883. 274.

Der Lazulith zeigt gewöhnlich die Form unregelmässiger Körner oder Körneraggregate; daneben Krystalle von pyramidalem Habitus mit P ($\bar{1}11$), —P (111), P∞ ($\bar{1}01$), —P∞ (101), oP (001), ∞P∞ (010) in welchselnder Combination. Zwillinge nach oP (001) sind nicht selten; die Verwachsungsebene ist bisweilen unregelmässig und fällt nicht genau mit der Zwillingsebene zusammen.

Die Spaltung geht nach der Form P ($\bar{1}11$) und liefert bei hinreichend dünnen Schliffen parallele Risse, welche gegen oP (Zwillingsebene) in klinodiagonalen Schnitten $40^0\ 15'$ geneigt sind. Auf

den Schnitten der orthodiagonalen Zone schneiden sich zwei Spaltensysteme unter wechselnden Winkeln. — H. = 5—6.

Durchsichtig mit blauer Farbe bis farblos. — Die Ebene der optischen Axen liegt in der Symmetrieebene, $2E_\varrho = 110^0$ (v. Lasaulx), $2E_\varrho = 132^0\,29'$ und $136^0\,25'$, $2E_v = 134^0\,25'$ und $138^0\,4'$ (Des Cloizeaux an Krystallen von Graves Mount). Optischer Charakter negativ. Die spitze Bissectrix a liegt im spitzen $\measuredangle\ \beta$ und bildet mit der vertikalen Axe $9^0\,30'—9^0\,45'$ (Fig. 151). Am brasilianischen Lazulith bestimmten A. Michel-Lévy und Lacroix $\alpha = 1.603$, $\beta = 1.632$, $\gamma = 1.639$, also $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.625$, $\gamma - \alpha = 0.036$, $\gamma - \beta = 0.007$, $\beta - \alpha = 0.029$. — Der Pleochroismus ist stark, a farblos, $b = c$ himmelblau. Die nicht pleochroitischen Schnitte sind schwach, die pleochroitischen stark doppelbrechend.

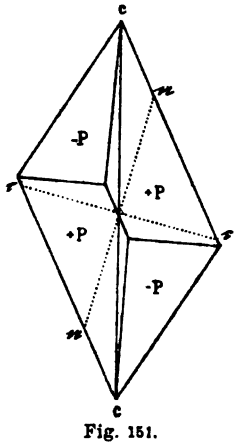


Fig. 151.

Sp. G. = 3.0—3.12. — Chem. Zusammensetzung $H_2MgAl_2P_2O_{10}$, worin Mg z. Th. durch Fe vertreten wird. Säuren greifen ihn im ungeglühten Zustande nicht an.

Die Lazulithe sind ganz besonders in Quarziten zu Hause und oft in grosser Menge mit Quarzkörnern durchwachsen; auch umschliessen sie gern Rutilnädelchen und die andern accessorischen Gemengtheile der Quarzite. Um die Spaltrisse her hat sich in ihnen oft eine Neubildung einer feinschuppigen farblosen Substanz vollzogen, welche auch äusserlich die Krystalle bekleidet und sie derartig netzförmig durchzieht, dass die Lazulithsubstanz die Maschen des Netzes erfüllt. Die Substanz erinnert in ihrer Structur und Doppelbrechung an Hydrargillit, doch fehlen chemische Untersuchungen über dieselbe.

Karpholith.

Literatur.

K. A. Lossen, Ueber Karpholith von Wippra im südöstlichen Harz. Z. D. G. G. 1870. XXII. 455.

Der Karpholith bildet stenglige bis fasrige Aggregate mit paralleler oder radialer Anordnung der Fasern. Krystallflächen sind nur in der Prismenzone vorhanden und nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Doch kann man optisch erkennen, dass Flächen

sowohl von pinakoidaler, wie von prismatischer Lage vorhanden sind. Der Habitus ist fibrolithähnlich.

Eine Spaltbarkeit ist nicht mit Sicherheit wahrzunehmen. — H. = 5—5.5.

Wird im Dünnschliff farblos durchsichtig. Brechungsexponent über 1.6, Doppelbrechung lebhaft; die Interferenzfarben ähnlich wie bei Fibrolith. Die Ebene der optischen Axen liegt in einem vertikalen Pinakoide, wenn man die Stengelaxe zur vertikalen Axe macht; Axenwinkel ziemlich gross. Die negative spitze Bissectrix fällt mit einer horizontalen Axe zusammen und steht senkrecht auf einer Fläche der Prismenzone, auf welcher eine geringe Auslöschungsschiefe wahrnehmbar ist. Diese muss also die Symmetrieebene sein. Die Auslöschungsschiefe c : c = 3° 30′—4°, b = a. — Pleochroismus nicht stark, aber deutlich, wurde ebenso wie die optische Orientirung an dem gelben Karpholith von Schlaggenwalde bestimmt; c farblos, a = b gelbgrün. Der grüne Karpholith des Harzes konnte nicht untersucht werden. A. Michel-Lévy und Lacroix geben für denselben $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.627$, $\gamma-\alpha = 0.022$, c : c = 3°—5° und den Pleochroismus übereinstimmend mit Schlaggenwald. — Im auffallenden Lichte gelb oder grün, seidenglänzend.

Sp. G. = 2.93. — Chemische Zusammensetzung: $H_4 Mn Al_2 Si_2 O_{10}$ mit etwas Alkalien neben Wasser, Fe und Mg neben Mn, Fe_2 neben Al_2. Wird von Säure nicht merklich angegriffen. Das Wasser entweicht erst bei hoher Temperatur. Giebt Manganperle.

Wurde zuerst auf Klüften eines topas- und fluorithaltigen, greisenartigen Granits (mit Lithioneisenglimmer) gefunden, dann von Lossen (l. c.) aus der regionalmetamorphen Zone des südöstlichen Harzes (Biesenrode bei Wippra) in Trümern mit Quarz beschrieben, nachdem ihn bereits F. A. Roemer von dieser Localität erwähnt hatte.

Sapphirin.

Literatur.

N. V. Ussing, Untersuchungen der Mineralien von Fiskernäs in Grönland. Z. X. 1889. XV. 598.

Der Sapphirin bildet tafelförmige Individuen, die fast stets angenähert parallel zu mehreren mit einander verwachsen sind, so dass im Dünnschliff scheinbar einfache Individuen mit zwillingsähnlichen Grenzen in ihrem Innern vorzuliegen scheinen. Bei mehr radialstrahliger Anordnung der verschiedenen Einzelindividuen gren-

zen sich diese mehr keilförmig im Durchschnitt gegen einander ab. Scharfe Begrenzung durch messbare Krystallfläche ist selten; aus den einzeln beobachteten Flächen ergiebt sich als Krystallform eines Einzelindividuums die Form Fig. 152 mit b = ∞P∞ (010), a = ∞P∞ (100), m = ∞P, q = P∞ (011) mit $110 : 1\bar{1}0 = 114^0\,54'$, $010 : 011 = 132^0\,30'$.

Fig. 152.

Eine deutliche Spaltbarkeit fehlt. Unregelmässige Risse und Sprünge, die wohl auch hie und da angenähert parallel und geradlinig verlaufen, sind nicht selten. H. = 7.5.

Der Sapphirin ist blau im auffallenden Lichte und der Pleochroismus in nicht zu dünnen Platten deutlich a farblos, b = c blau; bei sehr tiefer Färbung sind die Farben satter und bei der selteneren dunkelgrünen Varietät a hellgrünlichblau, b dunkelblaugrün, c gelblich fahlgrün. — Das Brechungsvermögen ist hoch, die Doppelbrechung sehr schwach. Die Ebene der optischen Axe liegt in der Symmetrieebene (Fig. 153). Die spitze negative Bissectrix bildet mit der vertikalen Axe $81\frac{1}{2}^0$, die stumpfe, positive mit derselben Richtung $8\frac{1}{2}^0$ in der Orientirung der Fig. 153. Ussing bestimmte $\alpha_\varrho = 1.7055$, $\beta_\varrho = 1.7088$, $\gamma_\varrho = 1.7112$; darnach $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.7085$, $\gamma - \alpha = 0.0057$, $\gamma - \beta = 0.0024$, $\beta - \alpha = 0.0033$. Mit dem Babinet'schen Compensator fand Ussing $\gamma - \alpha = 0.0058$. — Aus Messungen des spitzen und stumpfen Axenwinkels in Kaliumquecksilberjodidlösung bestimmte Ussing $2V_{na} = 68^0\,49'$. Die geneigte Dispersion ist deutlich, gemessen wurde $2H_a = 77^0\,50'$ für rothes und $2H_a = 79^0\,0'$ für blaues Licht. Des Cloizeaux giebt $2H_a = 83^0\,29'$ für roth, $83^0\,55'$ für gelb, $84^0\,34'$ für grün.

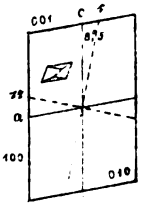


Fig. 153.

Sp. G. = 3.486. — Chem. Zusammensetzung = $Mg_5Al_{12}Si_2O_{27}$. Unschmelzbar und unangreifbar durch Säuren, dagegen von Kaliumbisulfat leicht angegriffen, welches auf der Tafelfläche die Aetzfiguren, wie sie Fig. 151 wiedergiebt, hervorruft.

Der Sapphirin bildet kleine linsenförmige Lagermassen im Glimmerschiefer und Gneiss bei Fiskernäs an der Westküste von Grönland. Diese bestehen neben Sapphirin entweder aus grüner Hornblende, farblosem oder schwach bräunlichem Gedrit und hellbraunem Magnesiaglimmer, welcher sehr innig mit dem Sapphirin verwachsen ist und zwar so, dass seine Fläche oP auf ∞P∞ des

Sapphirin liegt, oder aus braunem Bronzit, dunkelgrünem Spinell und wenig Glimmer. In dem ersten Typus des Sapphiringesteins findet sich accessorisch Cordierit, Anorthit und Kornerupin und der Sapphirin ist deutlich tafelförmig; im zweiten ist der Sapphirin unregelmässig begrenzt und die genannten Minerale fehlen.

Chondrodit und Klinohumit.

Literatur.

Ed. S. Dana, On the Chondrodite from the Tilly-Foster iron mine, Brewster, N. Y. Transact. Connecticut Academy. Vol. III. 67. 1875 und Amer. Journ. 1876. XI. February.

A. Des Cloizeaux, Ueber Humit, Chondrodit und Klinohumit. L. J. 1876. 640.

C. Klein, Ueber die optischen Eigenschaften des Humit, III. Typus. L. J. 1876. 633.

A. Michel-Lévy et A. Lacroix, Sur les minéraux du groupe de la Humite des calcaires métamorphiques de diverses localités. Bull. Soc. min. Fr. 1886. IX. 81.

G. vom Rath, Ueber das Krystallsystem des Humit. Pogg. Ann. Ergänz.-Bd. V. 1871. 321.

Hj. Sjögren, Chondrodit von Kafveltorp. Z. X. 1883. VII. 113.

Die beiden monoklinen Glieder der Humitgruppe zeigen als Gesteinsgemengtheile die Form rundlicher oder eiförmiger, nicht selten mit kleinen Krystallflächen besetzter Körner. Eine Beziehung der längsten Richtung in denselben zu einer krystallographischen Richtung scheint nicht vorhanden zu sein. Angenommen ist hier für Chondrodit ($a : b : c = 1.08028 : 1 : 3.14379 : \beta = 90°$) und Klinohumit ($a : b : c = 1.08028 : 1 : 5.65883 : \beta = 90°$) die vom Rath'sche Aufstellung. Zwei oder mehrere Körner verwachsen mit einander öfters so, dass sie in Zwillingsstellung nach einem Orthodoma, wohl $-\frac{1}{3}P\infty$ (105) oder $+\frac{1}{3}P\infty$ (103) zu stehen scheinen. Die Einzelindividuen sind fast durchweg wieder polysynthetisch aus Zwillingslamellen nach oP (001) aufgebaut. So entstehen Durchschnitte nach der Symmetrieebene, wie sie A. Des Cloizeaux (l. c.) zeichnet (Fig. 154 u. 155).

Spaltung nach oP (001) in hinreichend dünnen Schiffen deutlich. Unregelmässige Zerklüftung sehr verbreitet. — H. = 6.5.

Chondrodit und Klinohumit sind selten farblos im durchfallenden Lichte, sondern je nach der Schnittlage gelblich bis bräunlich in verschiedenen Tönen. Die Axenebene liegt bei beiden Mineralien senkrecht zur Symmetrieebene und die Symmetrieaxe ist positive Bissectrix. $b = c$. Die Axenwinkel sind gross und schwanken zwischen 82° und 89° in Oel. Die Dispersion ist schwach und kaum merklich. Sie wird theils $\varrho > v$, theils $\varrho < v$ angegeben.

Die gekreuzte Dispersion ist nicht immer sehr erkennbar. — Die Neigung der Axenebene gegen die Basis ist grösser bei Chondrodit (25°—25° 59′ Dana, Tilly-Foster, 28° 56′ Sjögren, Nya-Kopparberg. etwa 30° Des Cloizeaux, Michel-Lévy und Lacroix), als bei Klinohumit (11° Des Cloizeaux, 12° 28′ Klein an Sommakrystallen, 7½°

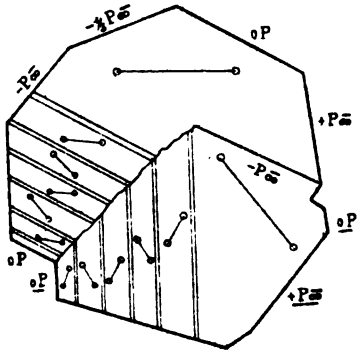


Fig. 154.

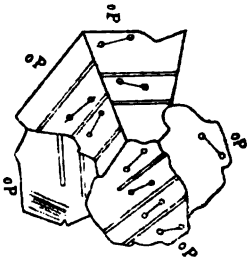


Fig. 155.

Dana von Tilly-Foster, 9° nach A. Michel-Lévy und Lacroix). Ueber den Sinn der Neigung ergiebt sich übereinstimmend aus den Mittheilungen der genannten Forscher, dass die Ebene der optischen Axen die Lage eines negativen Orthodomas habe; nur bei Michel-Lévy und Lacroix wird sie als im Sinn eines positiven Orthodomas angegeben. Im Dünnschliff ist die Sache nicht zu entscheiden. Wir folgen den Angaben der meisten Forscher; dann ist die Orientirung in der Symmetrieebene, wie Fig. 156 zeigt; man vergleiche auch Fig. 154 u. 155.

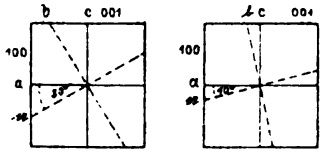


Fig. 156.

Das Brechungsvermögen ist analog dem des Humits, die Doppelbrechung stark, etwa wie bei Olivin. Am Chondrodit von Kafveltrop bestimmten A. Michel-Lévy und A. Lacroix $\alpha = 1.607$, $\beta = 1.619$, $\gamma = 1.639$, also $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.622$, $\gamma - \alpha = 0.032$, $\gamma - \beta = 0.020$, $\beta - \alpha = 0.012$.

Der Pleochroismus ist stärker bei braunen als bei gelben Krystallen und fehlt den seltenen farblosen. a honiggelb, goldgelb. bräunlichgelb, b wenig verschieden von c fast farblos, gelblichweiss, gelblichgrün. Die Absorption $a > c > b$.

Sp. G. = 3.1—3.2. — Chemische Zusammensetzung gleich der des Humits, wahrscheinlich $H_2Mg_{19}Si_8O_{34}Fl_4$, mit Salzsäure gelatinirend.

Der Chondrodit ist ein nicht seltener accessorischer Gemengtheil in den körnigen Kalken und Dolomiten des krystallinen Schiefergebirges und der Contactzonen der Tiefengesteine; er wird dann gern von Spinell begleitet. Die Umwandlungsprocesse zu Serpentin sind die gleichen wie bei Humit.

Wollastonit.

Literatur.

A. E. Törnebohm, Nefelinsyenit från Alnö. Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1883. VI. No. 82. 542—549.

Der Wollastonit erscheint in unvollkommen begrenzten, säulenförmigen bis blättrigen Krystalloiden, welche stets nach der Symmetrieaxe (b) gestreckt sind, oder in stengligen bis fasrigen Aggregaten mit mehr oder weniger paralleler oder schwach divergenter Anordnung der Individuen. Die Durchschnitte der einzelnen Individuen aus der orthodiagonalen Zone sind demnach leistenförmig, die Querschnitte rundlich bis sechs- oder achtseitig durch die Flächen oP (001), $\infty P\bar{\infty}$ (100), $\frac{1}{2}P\bar{\infty}$ (102) und $-P\bar{\infty}$ (101). Die Winkel sind: 001 : 100 = 95° 30′, 100 : 101 = 135° 33′, 100 : 102 = 110° 4′. Am breitesten pflegt die Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (100) ausgebildet zu sein. — Zwillingsbildungen sind recht häufig nach dem Gesetz: Zwillingsebene ist $\infty P\bar{\infty}$ (100); die Flächen oP der Individuen bilden alsdann einen Winkel von 169° mit einander.

Die Spaltbarkeit geht vollkommen parallel oP (001) und $\infty P\bar{\infty}$ (100), weniger vollkommene nach $\frac{1}{2}P\bar{\infty}$ (102) und $-P\bar{\infty}$ (101). Letztere Fläche ist gegen $\infty P\bar{\infty}$ (100) um 129° 35′ geneigt. In Schnitten aus der orthodiagonalen Zone liegen also sämmtliche Spaltrisse parallel, in solchen nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) bilden sie zwei sehr deutliche Risssysteme, welche sich unter 84° 30′ und 95° 30′ schneiden und welche bisweilen von zwei weiteren, nicht so deutlichen und zahlreichen Rissen diagonal durchquert werden. In den orthodiagonalen Schnitten geht der Spaltbarkeit parallel eine meistens recht deutliche Längsfaserung, bedingt durch die parallele Verwachsung sehr feiner Individuen. Grobe und nicht geradlinig verlaufende Klüfte stehen senkrecht auf der Längsrichtung dieser Schnitte. — H. = 4.5—5.

Der Wollastonit wird farblos durchsichtig und besitzt einen

Durchschnittsbrechungsexponenten von mittlerer Höhe; derselbe berechnet sich nach dem Gladstone'schen Gesetz zu 1.635. Die Interferenzfarben sind parallel der Ebene der optischen Axen recht lebhafte, senkrecht zu derselben z. Th. sehr niedrig. Die Ebene der optischen Axen liegt nach Des Cloizeaux in dem Klinopinakoid; $2E_\varrho = 70^0\ 40'$, $2E_v = 68^0\ 24'$. Die geneigte Dispersion giebt sich durch lebhafte Farbenverschiedenheit an den Hyperbelrändern der einen Axe (roth innen, blau aussen) bei gleicher bläulicher Färbung der zweiten Hyperbel innen und aussen zu erkennen. Das optische Schema auf die Symmetrie-Ebene projicirt, giebt Fig. 157 nach Angabe desselben Forschers. Die Axe kleinster Elasticität bildet im spitzen Winkel β mit der Vertikalaxe (Spaltung nach 100) einen Winkel von $32^0\ 12'$, die Axe grösster Elasticität mit der Klinodiagonale (Spaltung nach 001) $37^0\ 42'$ im stumpfen Winkel β. — A. Michel-Lévy und A. Lacroix geben für Wollastonit von Orawitza $\gamma = 1.635$, $\beta = 1.633$, $\alpha = 1.621$. In andern Wollastoniten deuten jedoch die Interferenzfarben auf höhere Differenzen, als die hieraus sich ergebenden $\gamma - \alpha = 0.014$, $\gamma - \beta = 0.002$, $\beta - \alpha = 0.012$. — Im convergenten Lichte geben die gerade auslöschenden Schnitte der Zone 001 : 100 Bissectricen- oder Axenaustritte, welche auf eine zur Längsrichtung senkrechte Lage der Axenebene weisen, der wichtigste Unterschied gegenüber dem verwandten Pektolith.

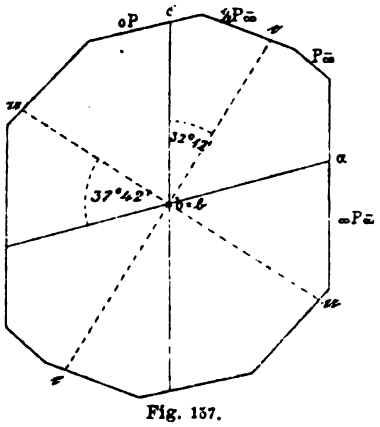


Fig. 157.

Pleochroismus zeigt der Wollastonit nicht.

Sp. G. = 2.8—2.9. — Chem. Zusammensetzung = $CaSiO_3$. Gelatinirt leicht mit heisser Salzsäure; in der Lösung giebt ein Zusatz von Schwefelsäure reichliche Gypsreaction; in sehr concentrirter salzsaurer Lösung bildet sich auch wohl Anhydrit in rhombischen Krystallen, welche würfelähnlich aussehen. Das Pulver ist sehr schwer schmelzbar. Die Gelatination mit HCl ist ein wichtiges Unterscheidungsmittel gegenüber Epidot, dessen farblose Varietäten bei mangelnder Uebung mit Wollastonit wegen der gleichen prismatischen Ausbildung nach b und der zur Längsrichtung senkrechten Axenebene trotz des höheren Brechungs-

vermögens und der höheren Doppelbrechung wohl verwechselt werden könnten.

Eine constante Mikrostructur hat der Wollastonit nicht; er beherbergt gern Flüssigkeitseinschlüsse, Körner von Calcit, Granat und Diopsid, beziehungsweise anderer mit ihm vergesellschafteten Mineralien.

Der Wollastonit ist ein häufiger Gast in den körnigen Kalken und den mit diesen verwandten Gesteinen (Granatfels, Epidotfels u. s. w.) des krystallinen Schiefergebirges und tritt auch in den feldspathführenden Schiefern, wenn diese kalkreich sind, nicht selten auf; so beschreibt ihn Cross* in einem Gneissgestein von Roguedas in der Bretagne. Ebenso findet er sich in contactmetamorphen Kalken (Kalksilicathornfelsen) und kalkigen Einschlüssen eruptiver Gesteine gar häufig; dahin gehören die Vorkommnisse von der Somma, von Santorin**, vom Capo di Bove; er wird dann gern von Pyroxenen und Granaten begleitet, wie im Schiefergebirge. Aehnlichen Ursprung dürften auch die von Lagorio*** beschriebenen Wollastonithöfe um Quarzkörner und in Drusen der kaukasischen Andesite vom Kasbek und wohl auch die von G. vom Rath† aufgefundenen Wollastonite im Phonolith von Oberschaffhausen haben. Als Gemengtheil eruptiver Gesteine ist er jedenfalls sehr selten; als solchen beschreibt ihn Törnebohm (l. c.) aus einem Eläolithsyenit von Alnö, welcher im Gneiss aufsetzt, welcher indessen Lager von körnigem Kalk enthält, und O. Mügge†† aus Nephelinit des Vulkans Dönjo-Ngai des Massai-Landes in Südostafrika.

Die künstliche Darstellung des Wollastonit aus Schmelzfluss ist bis dahin anscheinend nicht gelungen; doch erhielt Daubrée den Wollastonit in Nadeln neben Quarz durch Einwirkung überhitzten Wassers auf zugeschmolzene Glasröhren, und A. Gorgeu††† durch Wechselwirkung von $CaCl_2$ und gefällter Kieselsäure bei Gegenwart von Wasserdampf. Aus trockenen Schmelzflüssen, welche ausschliesslich oder vorwiegend aus $CaSiO_3$ bestehen, krystallisirt diese Verbindung nicht als Wollastonit, sondern nach den über-

* Ch. W. Cross, Studien über bretonische Gesteine. T. M. P. M. 1880. III. 372.

** F. Fouqué, Nodules à wollastonite, pyroxène fassaite, grenat mélanite dans les laves de Santorin. C. R. 1875. 15 Mars.

*** A. Lagorio, Andesite des Kaukasus. Dorpat. 1878. 21.

† L. J. 1874. 521.

†† O. Mügge, Untersuchung der von Dr. G. A. Fischer gesammelten Gesteine des Massai-Landes. Hamburg. 1884. 18.

††† Bull. Soc. min. Fr. 1887. X. 271.

einstimmenden Angaben von Bourgeois, Dölter und J. H. L. Vogt in kurzen hexagonalen Säulen und Tafeln.

Anhang. Mit dem Wollastonit ist der Pektolith sehr nahe verwandt, wenngleich die Art seines Vorkommens in der Natur ihn mehr den Zeolithen zugesellt. Er bildet nach der Orthodiagonale lang gezogene Stengelchen, welche sich büschelförmig oder parallel, auch zu förmlichen Sphärokrystallen aggregiren. Die Spaltung geht vollkommen nach zwei Flächen der orthodiagonalen Zone $\infty P\infty$ (100) und oP (001), welche sich unter 95° 30′ schneiden, wie bei Wollastonit, mit welchem das Mineral isomorph ist.

Die Unterscheidung des Pektolith vom Wollastonit unter dem Mikroskop liegt wesentlich in der verschiedenen Orientirung der optischen Axenebene. Diese liegt bei Pektolith senkrecht zur Symmetrieebene, also parallel zur Längsrichtung und fast genau senkrecht auf der Spaltfläche oP (001). Die Orthodiagonale ist spitze positive Bissectrix, die optische Orientirung also auf die Symmetrieebene projicirt, wie Fig. 158 zeigt. — A. Michel-Lévy und Lacroix geben $2V = 60°$. $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.61$ und $\gamma - \alpha = 0.038$ und die Interferenzfarben sind allerdings höher als bei Wollastonit. Bei diesem ist die Längsaxe b bald kleinste, bald grösste, beim Pektolith stets kleinste Elasticitätsaxe. — Die chemische Zusammensetzung ist $CaNaH_2Si_3O_9$. Löslich in HCl unter Ausscheidung schleimiger SiO_2. — Sp. G. = 2.74—2.88.

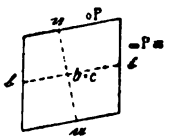


Fig. 158.

J. Francis Williams beschreibt unter den Neubildungen im Eläolithsyenit von Magnet Cove, Arkansas (Z. X. 1890. XVIII. 386) einen Manganpektolith von hellgrauer Farbe, aber meist mit Ueberzügen von braunen Manganoxyden. Auch bei diesem liegt die Axenebene senkrecht zur Symmetrieebene, b = c ist spitze Bissectrix, $2E_{na}$ ungefähr 15° mit fast so starker Dispersion der optischen Axen wie bei Titanit. $\varrho > v$. Die stumpfe Bissectrix a steht fast genau senkrecht auf (001), der besten Spaltfläche.

Rosenbuschit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 378.

Der Rosenbuschit bildet radialstrahlige Massen bis zu $\frac{1}{3}$ mm dicker, 1—2 cm langer Krystallnadeln, welche nach der Peripherie

hin gern mit Aegirinnadeln untermengt sind. Die Nadeln durchsetzen ungestört die meisten andern Gesteinsgemengtheile. Sie sinken herab bis zu sehr geringen mikroskopischen Dimensionen. Messbare Nädelchen sind sehr selten; Brögger giebt die Form, wie in Fig. 159, langgestreckt nach der Symmetrieaxe und in der

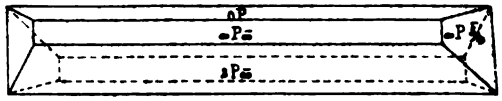


Fig. 159.

Längsrichtung begrenzt von oP (001), ∞P∞ (100) und 2P∞ (20$\bar{1}$); die Prismenflächen sind nur ausnahmsweise zu erkennen und werden als $\infty P\frac{5}{4}$ (540) gedeutet. Es ist 001 : 100 = 101° 47′, 001 : 201 = 112° 21′, 100 : 540 = 137° 32′. Eine krystallographische Verwandtschaft mit Wollastonit und Pektolith ist wohl anzunehmen.

Spaltung vollkommen nach oP (001), etwas weniger vollkommen nach ∞P∞ (100), unvollkommen nach 2P∞ (201). — H. = 5—6.

Die Körperfarbe ist hellorangegrau bis bräunlichgrau; im durchfallenden Lichte fast farblos bis hellgelblich, ohne deutlichen Pleochroismus, aber mit erkennbarer Absorption $c > b > a$. Die Ebene der optischen Axe liegt normalsymmetrisch und bildet mit der Vertikalaxe etwa 12°—14° im spitzen $\sphericalangle \beta$ (Fig. 160). Das optische Schema ist $b = a$, $c : c = 13°$, $a : b = 25°$. Sowohl um c, wie um $a = b$ ist der Axenwinkel sehr gross, deshalb der optische Charakter nicht sicher zu bestimmen, weil die geringen Dimensionen der Nadeln keine genauen Messungen gestatten, doch hält Brögger die Symmetrieaxe für die spitze Bissectrix. — Das Brechungsvermögen dürfte nach dem Relief etwa bei 1.65 liegen, das Doppelbrechungsmaximum wurde im Maximum zu 0.026 gefunden.

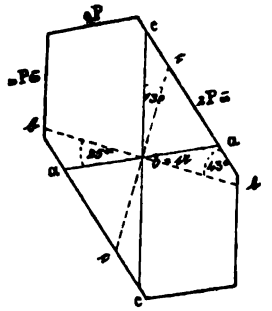


Fig. 160.

Von Sillimanit und Karpholith unterscheidet ihn, abgesehen von seiner Paragenese, die leichte Auflöslichkeit in HCl, von Wollastonit und Pektolith der optische Charakter der Hauptzone; diese ist bei Wollastonit bald positiv, bald negativ ($b = b$), bei Pektolith stets positiv ($b = c$), bei Rosenbuschit stets negativ ($b = a$).

Sp. G. = 3.30—3.315. — Die chemische Zusammensetzung ist diejenige eines Zirkon-Pektoliths mit $SiO_2 = 31.36$, $ZrO_2 = 20.10$. $TiO_2 = 6.85$, $Fe_2O_3 = 1.00$, Ceritoxyde (?) = 0.33, $MnO = 1.39$. $CaO = 24.87$, $Na_2O = 9.93$, $Fl = 5.83$, Summa = 101.66 — O = 2.45, Summa = 99.21. — Vor dem Löthrohr leicht schmelzend unter starker Na-Färbung der Flamme. Von HCl leicht zersetzt.

Der Rosenbuschit wurde von W. C. Brögger in den pegmatitischen Bildungen der südnorwegischen Augit- und Eläolithsyenite entdeckt. Als integrirender Gemengtheil der normalen Gesteine fand er sich in brasilianischen und nordamerikanischen Eläolithsyeniten.

Gruppe der monoklinen Pyroxene.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 295—338 u. 655—658.

P. Mann, Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Augite aus Phonolithen und verwandten Gesteinen. L. J. B.-B. II. 1884. 172—205.

A. Merian, Studien an gesteinsbildenden Pyroxenen. L. J. B.-B. III. 1884. 252—315.

A. Michel-Lévy, De l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle pour l'étude des plaques minces de roches éruptives. Ann. des Mines. Paris. 1877. (7.) XII. 424—429.

G. Tschermak, Ueber Pyroxen und Amphibol. T. M. M. 1871. 17.

— Mikroskopische Unterscheidung der Mineralien aus der Augit-, Amphibol- und Biotitgruppe. S. W. A. 1. Abth. 1869. LIX. Mai.

E. A. Wülfing, Beiträge zur Kenntniss der Pyroxenfamilie. Heidelberg 1891.

An dieser Stelle sind nur diejenigen, gemeiniglich zur Pyroxenfamilie gerechneten Mineralien des monoklinen Systems als monokline Pyroxene zusammengefasst, bei denen die charakteristische Spaltbarkeit nach einem fast rechtwinkligen Prisma deutlich wahrnehmbar ist. Es musste daher der auch sonst nach seiner Dichte und seinem chemischen Verhalten so sehr abweichende Wollastonit ausgeschlossen werden.

Die monoklinen Pyroxene gehören zu den verbreitetsten gesteinsbildenden Mineralien, sowohl in den eruptiven Felsarten, wie in den krystallinen Schiefern und erscheinen bald in rundum ausgebildeten Krystallen, bald in regellos begrenzten Individuen oder Aggregaten solcher. Der Habitus der Krystalle und derjenige der regellos begrenzten Individuen ist ein etwas anderer je nach der chemischen Zusammensetzung. Man kann als eine allerdings nicht ausnahmsfreie Regel es aussprechen, dass die Pyroxene der Diopsid- und Akmitreihe mehr langsäulenförmige Krystalle mit stark zurück-

tretenden Prismenflächen und stenglige Massen, die Pyroxene der Augitreihe kurz prismatische Individuen und Körner zu bilden pflegen. Die häufigsten Krystallformen, bezogen auf $\dot{a} : \dot{b} : \dot{c} = 1.0903 : 1 : 0.5893$ und $\beta = 74^0\ 11'$, sind $m = \infty P$ (110) mit $87^0\ 6'$, $a = \infty P\bar{\infty}$ (100), $b = \infty P\dot{\infty}$ (010), $s = P$ (11$\bar{1}$) mit $11\bar{1} : 1\bar{1}\bar{1} = 120^0\ 48'$, $u = -P$ (111) mit $111 : 1\bar{1}1 = 131^0\ 30'$, $o = 2P$ (22$\bar{1}$) mit $22\bar{1} : 22\bar{1} = 95^0\ 48'$, $p = P\bar{\infty}$ (10$\bar{1}$), $c = oP$ (001), $n = \frac{1}{2}P\infty$ (102)

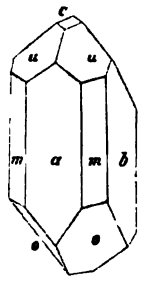


Fig. 161.

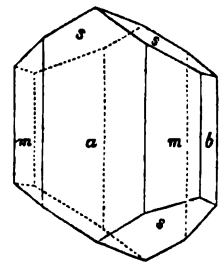


Fig 162.

mit $10\bar{2} : 100 = 89^0\ 38'$. Fig. 161 giebt eine der häufigsten Formen der gesteinsbildenden Diopside, Fig. 162 eine solche der Augite. Darnach sind die Durchschnitte mehr oder weniger senkrecht zu c bald Quadrate mit schmal abgestumpften Ecken, bald Oktogone mit nahezu gleich langen Seiten, die Schnitte aus der orthodiagonalen Zone leistenförmig mit einer ziemlich steilen Zuspitzung oder

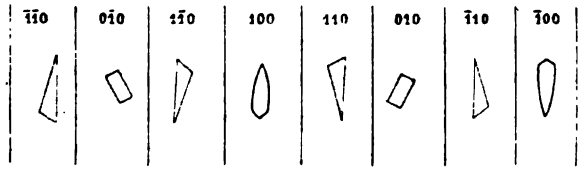


Fig. 163.

gerade abgeschnitten, beziehungsweise fast hexagonal, die Schnitte, welche mehr oder weniger parallel zur Symmetrie-Ebene liegen, leistenförmig mit ein- oder zweiseitiger Zuspitzung oder wenig gestrecke schiefe Rhomben. — Die Schnitte durch regellos begrenzte Individuen können natürlich jede beliebige Gestalt haben.

Zur gleichmässigen Orientirung an den verschiedenen monoklinen Pyroxenen, wenn die Formen dazu nicht ausreichen, dienen die Aetzfiguren mit Flusssäure in der Prismenzone, die nach G. Greim

am Diopsid von Ala und Spodumen von Alexander Co. (L. J. 1890. II. 252) und Wülfing (l. c. pg. 6) am Pyroxen der Diopsid- und Akmitgruppe die Form und Lage haben, wie sie Fig. 163 an der aufgerollten Prismenzone zeigt. Auf dem vorderen Orthopinakoide weist darnach die Spitze nach oben, auf dem hinteren nach unten, auf den vorderen Prismenflächen nach unten, auf den hinteren nach oben, die langen Kanten der Aetzfiguren auf der Symmetrie-Ebene bilden mit der vorderen Prismenkante einen spitzen Winkel, der in der Zeichnung übertrieben ist und in Wirklichkeit 5—10° beträgt, die stumpfe Kante derselben fällt von derselben Prismenkante nach hinten mit 74° ab und entspricht also der Trace von $+P\bar{\infty}$ ($\bar{1}01$).

Zwillingsbildungen sind bei den monoklinen Pyroxenen überaus verbreitet und vollziehen sich zumeist nach dem Gesetze: Zwillingsebene ist $\infty P\bar{\infty}$ (100). Bei den Diopsiden und Akmiten verläuft die Zwillingsnaht sehr oft genau durch die Mitte des Krystalls und es treten dann in den Umrissen keinerlei Andeutungen dieser Zwillingsbildung durch einspringende Winkel auf; man erkennt dieselbe mit Sicherheit erst zwischen gekreuzten Nicols; — bei den Augiten entsteht die Gestalt Fig. 164. Man sieht, dass die Umrisse der Schnitte aus der orthodiagonalen Zone ebenfalls die Zwillingsbildung im Allgemeinen nicht wahrnehmen lassen; sie wird erkennbar in Schnitten aus der Prismen- und klinodiagonalen Zone. Sehr verbreitet ist die Erscheinung, dass zwischen den beiden grösseren Hälften des Zwillingskrystalls eine Anzahl schmaler Lamellen in Zwillingsstellung interpolirt sind (Taf. XVIII Fig. 3). — Eine zweite, besonders bei den Diopsiden und Diallagen vorkommende Zwillingsbildung folgt dem Gesetz: Zwillingsebene ist die Basis. Die Ausbildungsform ist hier gewöhnlich eine lamellare; einem Hauptindividuum sind mehr oder weniger, meistens sehr zahlreiche und sehr feine Zwillingslamellen eingeschaltet. Die äusseren Contouren geben keine in die Augen fallende Andeutung derselben; man sieht auf den vertikalen Flächen des Krystalls eine feine Riefung senkrecht zur Prismenaxe, die auch an den Durchschnitten gewöhnlich schon im gemeinen Lichte bei nicht zu schwacher Vergrösserung erkennbar ist und zwischen gekreuzten Nicols deutlich hervortritt (Taf. XVIII Fig. 4). Diese beiden Zwillingsgesetze treten bei den

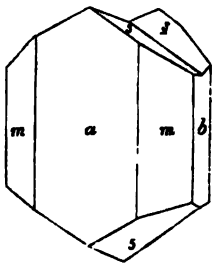


Fig. 164.

diallagartigen Augiten mancher Diabase auch neben einander in demselben Krystall auf. Die geologischen Verhältnisse der Gesteine, in denen die pyroxenischen Gemengtheile die Zwillingsbildung nach oP (001) zeigen, weisen auf die Wahrscheinlichkeit hin, dass hier eine Druckzwillingsbildung vorliege. Dafür spricht des weiteren das Fehlen dieser Zwillingsgebilde in normalen Ergussgesteinen. Den experimentellen Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme lieferte O. Mügge* in einem seiner lehrreichen Beiträge zur Cohäsion der Krystallkörper. — Seltener und wesentlich auf die basaltischen Augite beschränkt sind die Zwillingsbildungen nach —P$\breve{\infty}$ (101) (Fig. 165) und nach P$\grave{2}$ (122) (Fig. 166), welche von Vrba und

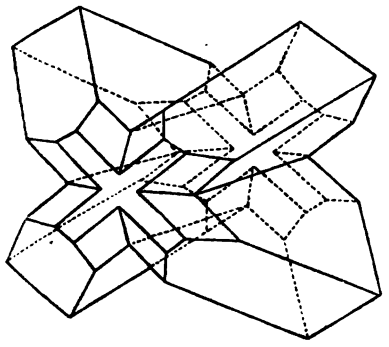


Fig. 165.

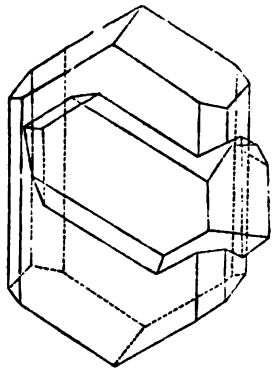


Fig. 166.

v. Zepharovich** aus böhmischen Basalten bekannt gemacht wurden. Diese letzteren Zwillingsbildungen erscheinen meistens in der Form knäuelartiger Durchwachsungen mehrerer Augitindividuen (Taf. XVIII Fig. 5).

Die Dimensionen der Pyroxenkrystalle sind überaus schwankende; sie sinken zumal in den Ergussgesteinen bis zum Mikrolithischen herab. Hier treten denn auch unvollkommene Krystallbildungen von grosser Mannichfaltigkeit, zumal gegabelte und ruinenartig ausgezackte Individuen auf; nicht selten erhält sich diese Ausbildungsform auch bei grösseren Individuen (Taf. XVIII Fig. 6). Es scheint die unvollkommene Entwicklung der Krystalle jedoch wesentlich auf die terminalen Begrenzungselemente sich zu beschränken, was für ein sehr constantes Wachsthum in dieser Rich-

* L. J. 1886. I. 185.

** L. J. 1871. 59.

tung sprechen dürfte. — Auch Krystallskelette (Taf. II Fig. 6), deren Arme sich unter den Winkeln der Pyroxene schneiden. und oft überaus zierliche und launige Wachsthumsformen, an denen gelegentlich eine Annäherung an Sphärokrystallbildung wahrnehmbar ist (Taf. XIX Fig. 1), und wie sie in federförmigen und büscheligen Aggregaten E. S. Dana* und Y. Kikuchi** beschrieben und abgebildet haben, sind nicht selten, aber auf die glasigen Ergussgesteine beschränkt. Ebenso wird man in manchen trichitischen und margaritischen Gebilden der glasigen Ergussgesteine wohl Augit vermuthen dürfen, wie dies Joh. Petersen*** thut.

Unterbrochenes Wachsthum führt, zumal in der Reihe der Augite und Akmite, zu Schalenbildung und diese erscheint bei der grossen Variabilität in der chemischen Zusammensetzung gern in der Form der isomorphen Schichtung oder als Zonarstructur. Im Allgemeinen sind die successiven Krystallschalen unter einander und mit der äussersten Schale geometrisch ähnlich (Taf. XIX Fig. 2), doch findet man auch, dass gelegentlich die inneren Schalen andere krystallographische Umrisse zeigen, als die äusserste. Die Zahl der Schalen ist eine sehr wechselnde; bald ist nur Kern und Schale zu unterscheiden, bald umhüllen sich sehr zahlreiche und sehr dünne Schalen in dichter Folge. Auch ist die Begrenzung der inneren Schalen gegen die äusseren nicht immer eine krystallographische; sie gehen bisweilen in einander über (Taf. XVIII Fig. 6) oder der innere Kern lässt mehr oder weniger deutlich erkennen, dass er ein Corrosionsrest eines Individuums war, als das Wachsthum wieder begann (Taf. XIX Fig. 2). — Recht selten schreitet der Schalenbau nach oP (001) fort, dann pflegt damit auch Zwillingsbau und Theilbarkeit nach dieser Fläche verbunden zu sein. — Als Sanduhrformen (Taf. V Fig. 3) pflegt man diejenige Art des Schalenbaus zu bezeichnen, welche entsteht, wenn die Lücken gegabelter Krystalle sich später mit neu angesetzter Pyroxensubstanz ausfüllen, eine Erscheinungsform, welche zuerst von L. van Werveke† beschrieben und abgebildet wurde.

Corrosionserscheinungen sind zumal an den älteren Pyroxenen der Eruptivgesteine nicht allzuselten; — mechanische Deformationen in der Form von Knickungen, Zerbrechungen, Zertrümmerungen,

* Amer. Journ. 1889. XXXVII. 441.

** Journ. of the College of Science. Imperial University. Tokio, Japan. III. 82.

*** Jahrb. d. Hamburger wissenschaftl. Anstalten. VIII. 29. Hamburg. 1891.

† L. J. 1879. 482 u. 822.

Verbiegungen und Torsionen kommen bei den Pyroxenen aller Gesteine gelegentlich vor, sind aber in den krystallinen Schiefern deswegen recht selten, weil die Pyroxene bei den mechanischen Processen, welche solche Wirkungen haben, nicht bestandfähig scheinen; sie werden dabei in Amphibole umgewandelt.

Die monoklinen Pyroxene spalten mit wechselnder Vollkommenheit nach dem Prisma von 87° 6′. Die dieser Spaltung entsprechenden Risse sind fast stets deutlich und zahlreich, auch recht dicht gedrängt, aber sie verlaufen meistens nicht ununterbrochen und scharf geradlinig durch den ganzen Krystall, sondern sie springen oft ab, anastomosiren mit einander und zeigen rauhe Ränder. In den Schnitten, welche annähernd senkrecht zur Prismenaxe liegen, bilden sie zwei nahezu senkrecht gekreuzte Systeme (Taf. IX Fig. 5), in den Schnitten der Prismenzone laufen sie parallel, in allen andern schneiden sie sich in rhombischen Figuren, deren Winkel von der Lage des Schnitts gegen den Krystall abhängig ist (Taf. XIX Fig. 3). J. Thoulet* hat die Winkel berechnet, welche die Spaltrisse in den verschiedenen Schnitten der drei Hauptzonen mit einander einschliessen, und dieselben tabellarisch zusammengestellt. Die Unvollkommenheit der Blätterdurchgänge erlaubt jedoch kaum so genaue Messungen des Neigungswinkels der Spaltklüfte, dass man daraus mit einiger Sicherheit die Schnittlage, zumal ohne Zuhülfenahme optischer Erscheinungen, berechnen könnte. — Ausser der prismatischen Spaltbarkeit findet sich, besonders beim Diallag und bei den Diopsiden, seltener bei den Augiten und den Akmiten auch wohl eine Spaltbarkeit nach einem oder beiden vertikalen Pinakoiden; dieselbe ist stets recht unvollkommen und wird nur durch kurze, bald absetzende Klüfte und Sprünge angedeutet. — Bei den nach oP (001) verzwillingten Individuen der Diopsid- und Diallagreihe ist auch stets eine recht vollkommene Theilbarkeit nach dieser Fläche wahrzunehmen (Taf. XVIII Fig. 4), welche aber wohl nur Folge der Zwillingslamellirung und des damit verbundenen Schalenbaus ist, und nicht einem eigentlichen Cohäsionsminimum Ausdruck giebt. Die ihr entsprechenden Risse schneiden sich mit den Spaltklüften der prismatischen Blätterdurchgänge unter Winkeln, welche von 74° 11′ auf ∞P∞ (010) bis 90° auf ∞P∞ (100) in der Prismenzone wachsen. — In den Zwillingen nach der Querfläche

* Variation des angles plans des clivages sur les faces des principales zones dans le pyroxène, l'amphibole, l'orthose et les feldspaths tricliniques. Ann. Mines 1878. (7.) XIV. 3—23.

fallen natürlich die prismatischen Spaltbarkeiten zusammen, die Spaltrisse nach oP bilden in denselben in der Prismenzone Winkel, welche von 148° 22′ bis 180° wachsen. Es giebt in manchen basaltischen Gesteinen, besonders des Kaiserstuhls, Augite, welche weder makro- noch mikroskopisch Blätterdurchgänge irgend welcher Art beobachten lassen; sie sind jedoch auf wenige Vorkommnisse beschränkt. — Bei lang prismatischer Ausbildung zeigen alle monoklinen Pyroxene, ebenso wie die rhombischen, eine unregelmässige Zerklüftung, welche annähernd senkrecht zur Prismenaxe liegt. — H. = 5—6.

Sämmtliche monokline Pyroxene werden auch bei tiefer Färbung leicht durchsichtig, nur die Akmite sind im Allgemeinen nicht sehr lichtdurchlässig. Die Farben im durchfallenden Lichte sind mit der chemischen Zusammensetzung sehr verschiedene und wechseln daher z. B. bei isomorph geschichteten Individuen an ein- und demselben Krystall. Die Diopside und Diallage sind zumeist fast farblos bis hellgrünlich, letztere auch wohl braun, die Augite und Akmite grün oder braun bis violett in den verschiedensten Nüancen durchsichtig. Tief braunrothe bis braunviolette Färbung scheint auf nicht unbedeutenden Titangehalt hinzuweisen, wie auch A. Knop* angiebt. Seltener und fast ausschliesslich auf gewisse trachytische und andesitische Gesteine beschränkt sind gelbdurchsichtige Augite. Eigentlich rothe bis braunrothe Farbe dürfte auf einen Mangangehalt schliessen lassen, wie das auch Petersen (l. c. p. 54) annimmt; doch kommt solche Färbung secundär bei geglühten Augiten vor und lässt sich oft durch künstliches Glühen bei fast grünen Augiten erzeugen. Da nun die chemische Zusammensetzung der Gesteinsgemengtheile höchst wahrscheinlich, oder vielmehr nothwendig eine Function des Gesteins, als der Mutterlauge zur Zeit der betreffenden Mineralbildung ist, so sind die gleichaltrigen Pyroxene eines bestimmten Gesteins von gleicher Farbe, während die Pyroxene verschiedener Generationen auch in demselben Gestein kleinere oder grössere Farbenverschiedenheit zeigen. Man kann es als einen Erfahrungssatz gelten lassen, dass die Pyroxene der sauren und alkalireichen Gesteine vorwiegend grüne, diejenigen der basischen und alkaliarmen Eruptivgesteine braune Farbe besitzen. Die monoklinen Pyroxene der Schiefer pflegen farblos oder grünlich zu sein.

* Ueber die Augite des Kaiserstuhlgebirges im Breisgau. Z. X. 1885. X. 58.

Die Lage der optischen Axen in der Symmetrie-Ebene haben alle monoklinen Pyroxene gemeinsam; ebenso besitzen sie alle ein hohes Brechungsvermögen und starke positive Doppelbrechung. Der Winkel der optischen Axen und die Neigung der Bissectricen gegen die Vertikalaxe ist dagegen beträchtlichen Schwankungen unterworfen, so dass bei einer gemeinsamen Besprechung der optischen Orientirung die Akmite und die damit verwandten Pyroxene zunächst ausser Acht gelassen werden sollen.

Von zahlenmässigen Bestimmungen über die optischen Verhältnisse in Na-Licht oder bei Tageslicht mögen hier Platz finden:

	α	β	γ	c : c	2 V	
Diopsid, Ala	1.6727	1.6798	1.7026	38° 54′	58° 59′	Des Cloizeaux
„ „	1.6707	1.6776	1.6996	—	59° 9′	Dufet
„ Nordmarken Typus V	1.6710	1.6780	1.7000	39° 6½′	58° 43′	Wülfing
„ „ IV	1.6734	1.6804	1.7029	39° 35′	58° 57′	„
„ „ I	1.6986	1.7057	1.7271	44° 42′	60° 28′	„
Kokkolith, Arendal	—	1.690	—	40° 22′	58° 38′	Tschermak
Hedenbergit, Tunaberg . .	1.7320	1.7366	1.7506	47° 10′	59° 52′	Wülfing
Diallag, Cape Lizard . . .	1.679	1.681	1.703	—	—	Michel-Levy u. Lacroix
Augit, Auvergne	1.706	1.712	1.728	—	—	„
„ „	1.712	1.717	1.733	—	—	„
Diopsid, Ducktown	—	1.690	—	40° 19′	54° 32′	A. Schmidt
Augit, Borislau	—	1.70	—	45° 30′	61°	Tschermak
„ Frascati	—	1.74	—	54°	68°	„
„ Böhmen	—	—	—	46° 40′	59° 28′	Osann

Hieraus ergeben sich als Durchschnittswerthe für

	$\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$	c : c
Diopsid	1.683	0.028	0.022	0.006	39°
Hedenbergit . . .	1.743	0.019	0.014	0.005	47°
Diallag	1.688	0.024	0.022	0.002	—
Basaltischer Augit .	1.719	0.022	0.016	0.006	> 45°

Dem entspricht das deutliche Relief der Durchschnitte und ihre leuchtenden Interferenzfarben. Das erstere theilen sie mit den rhombischen Pyroxenen, von denen sie, wie schon F. Becke (T. M. P. M. 1883. V. 572) hervorhob, die starke Doppelbrechung unterscheidet.

Für alle monoklinen Pyroxene mit Ausnahme des Akmit liegt die positive spitze Bissectrix im stumpfen Axenwinkel β und bildet mit der durch die prismatische Spaltbarkeit markirten Vertikalaxe einen allerdings wechselnden, aber stets einen grossen Winkel,

Schnitte parallel der Symmetrieebene zeigen daher das Dunkelheitsmaximum zwischen gekreuzten Nicols bei starker Neigung der prismatischen Spaltbarkeit gegen die Nicolhauptschnitte und diese bedeutende Auslöschungsschiefe (zwischen 39° und 54°) ist eine der charakteristischsten Eigenschaften der monoklinen Pyroxene. Fig. 167 zeigt an einem eisenarmen Diopsid nach Des Cloizeaux in der Symmetrieebene, also mit zum Punkt verkürzten b = b die Lage der optischen Axen und der Bissectricen. Schon Tschermak führte den Nachweis dafür, dass die Ursache der Abweichungen in dem Winkel c : c, d. h. der Auslöschungsschiefe, in der wechseln-

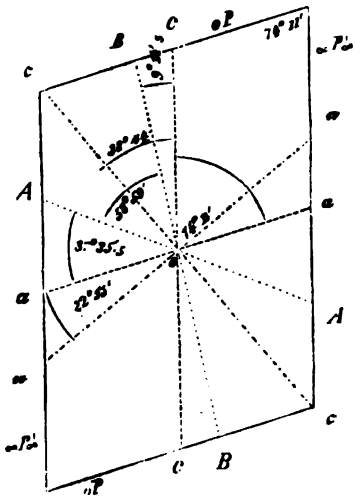


Fig. 167.

den chemischen Zusammensetzung zu suchen sei und wies auf den Eisengehalt als eines der bedingenden Hauptmomente hin. J. Wiik* bestätigte diese Abhängigkeit des Winkels c : c von dem in Procenten ausgedrückten Gehalt an FeO an einer grösseren Anzahl, zumal finnländischer, Pyroxene, Flink** an schwedischen. Herwig*** suchte das bestimmende Moment in dem Einfluss der mit dem Diopsidmolekül $CaMgSi_2O_6$ isomorph gemischten Summe der übrigen

* Om förhållandet mellan de optiska egenskaperna och den kemiska sammansättningen hos pyroxen- och amphibolarterna. Finska Vetensk. Soc. Förhdl. 1882. XXIV. u. 1883. XXV.

** Z. X. 1886. X. 449.

*** Einiges über die optische Orientirung der Mineralien der Pyroxen-Amphibolgruppe. Programm des Gymn. Saarbrücken. 1884.

Eisen-, Thonerde- und Mangan-haltigen Molekulargruppen. DÖLTER* geht die gleichen Wege und sucht besonders die verschiedene Wirkung der chemischen Zusammensetzung bei thonerdefreien und thonerdehaltigen Pyroxenen aufzufinden. Dass eine Beziehung zwischen der Auslöschungsschiefe und der chemischen Zusammensetzung bestehe, geht aus den bisher vorliegenden Untersuchungen mit Sicherheit hervor; dieselbe in ein Gesetz zu formuliren, scheint bei dem heutigen Stande unserer Kenntniss von der chemischen Zusammensetzung und Constitution der monoklinen Pyroxene noch nicht allgemein thunlich. Für die Diopsid-Hedenbergitreihe hat WÜLFING (l. c.) folgende Gesetzmässigkeiten in den Beziehungen des optischen Verhaltens zur chemischen Constitution darthun können. 1) Für das reine Diopsidmolekül $CaMgSi_2O_6$ ist der Winkel $c:c = 37^0\,50' \pm 10'$ anzunehmen; 2) in der ganzen Reihe ist die Bissectrix c_ϱ stärker gegen die Vertikalaxe geneigt als c_v, ein wichtiger Unterschied gegenüber dem Aegirin; 3) die Brechungsexponenten α, β, γ nehmen sämmtlich mit zunehmendem Eisengehalt zu, die Dispersion der Brechungsexponenten α und β wächst wenig, die von γ nicht unerheblich mit zunehmendem Eisengehalt; 4) die Doppelbrechungen $\gamma-\alpha$, $\gamma-\beta$, $\beta-\alpha$ ändern sich vom Diopsidpol aus zuerst wenig, doch zeigt sich beim Hedenbergit eine deutliche Abnahme derselben; 5) für 2V existirt ein Maximalwerth für eine Mischung mittlerer Zusammensetzung; doch sind die Schwankungen überhaupt klein, nur $1^0\,30'$.

Bei der Häufigkeit des zonaren Baues (isomorpher Schichtung) und des Auswachsens gegabelter Wachsthumsformen zu normal begrenzten Krystallen, wobei die später angesetzte Substanz andere Farbe, also auch andere Zusammensetzung hat, erklärt es sich durch die Abhängigkeit des Winkels c : c von der chemischen Constitution leicht, dass die Auslöschungsschiefe in ein und demselben Individuum in den verschiedenen Zonen und Keilen um sehr Beträchtliches schwanken kann, eine Thatsache, die von allen Beobachtern gleichmässig constatirt wird.

Die Dispersion der Bissectricen a und c ist im Allgemeinen sehr gering nach den Messungen von WÜLFING; sie beträgt nur wenige Minuten zwischen $c:c_{II}$ und $c:c_{tI}$. Die Auslöschungen sind in Folge davon höchst vollkommen auch im weissen Lichte. Dagegen ist diese Dispersion in gewissen titanreichen Augiten

* L. J. 1885. I. 43—68.

der alkalireichen basischen Gang- und Ergussgesteine so beträchtlich, dass eine vollkommene Auslöschung im weissen Lichte zwischen gekreuzten Nicols überhaupt nicht mehr stattfindet. Von der Stellung des Dunkelheitsmaximums erhält man dann bei Drehung des Präparats nach der einen Seite bräunliche, nach der andern bläuliche Farben*, während ohne diese Bissectricen-Dispersion in beiden Fällen dieselben Interferenzfarben auftreten sollten. Die gelbliche Farbe tritt auf, wenn man einen Schnitt nach (010) im Sinne des Uhrzeigers dreht. Die Dispersion ist hier also von demselben Charakter, wie bei Aegirin (S. 535).

Das Verhalten der Schnitte nach den drei Hauptzonen im parallelen polarisirten Lichte zwischen gekreuzten Nicols ergiebt sich aus dem Vorhergehenden. In Schnitten der Zone oP : $\infty\breve{P}\infty$ (001 : 100) bilden die Spaltrisse rhombische Figuren, deren vorderer Winkel von 84° 49′ bis 87° 6′ zuerst wächst, dann bis 0° abnimmt, während der seitliche von 95° 11′ bis 92° 54′ zuerst abnimmt, dann stetig bis 180° wächst. Die Auslöschung ist stets symmetrisch zu den Spaltrissen, sie halbirt ihre Winkel, so lange sie sich schneiden, sie liegt zu denselben parallel und senkrecht, wenn sie einander parallel sind. Es ist das Verhalten aller monoklinen Mineralien, da die Zonenaxe mit einer Axe des Elasticitätsellipsoids zusammenfällt. — Schnitte der Zone $\infty\breve{P}\infty$: $\infty\breve{P}\infty$ (010 : 100) sind daran kenntlich, dass die Spaltrisse stets parallel laufen; die Auslöschungsschiefe hat ihr Maximum auf der Symmetrie-Ebene und nimmt stetig ab bis auf 0° in den Schnitten nach $\infty\breve{P}\infty$ (100). — In den Schnitten der Zone oP : $\infty\breve{P}\infty$ (001 : 010) bilden die Spaltrisse rhombische Figuren, deren vorderer Winkel von 84° 49′ bis 0° stetig abnimmt, während der seitliche von 95° 11′ bis 180° wächst. Die Auslöschung liegt auf dem Schnitt nach oP (001) symmetrisch zu den Spaltrissen, wird dann rasch beträchtlich schief, erreicht ein Maximum, welches wenig über der Auslöschungsschiefe auf $\infty\breve{P}\infty$ (010) liegt und sinkt dann langsam auf die dieser Fläche entsprechende Schiefe (Fig. 167) herab. A. Michel-Lévy hat die Auslöschungsschiefe auf den Schnitten der orthodiagonalen und klinodiagonalen Zonen berechnet; dieselben ändern sich natürlich mit den Winkeln c : c und 2V und sind daher andere bei den verschiedenen monoklinen Pyroxenen.

Das Verhalten der häufigsten Zwillinge nach $\infty\breve{P}\infty$ (100) zwi-

* Hunter und Rosenbusch, Ueber Monchiquit. T. M. P. M. 1890.

schen gekreuzten Nicols im parallel polarisirten Licht ergiebt sich aus der Thatsache, dass die Zwillingsebene, welche stets zugleich Verwachsungsebene ist, senkrecht zur Symmetrie- und Axenebene liegt. Da die beiden Individuen das Prisma gemein haben, so werden Schnitte aus der Zone 001 : 100 die Spaltungsrisse ebenso zeigen, wie ein einfacher Krystall, die Grenze der Zwillingshälfte halbirt die Spaltrisse symmetrisch und die Auslöschung für beide Hälften ist zu dieser Grenze parallel und senkrecht. Es sind also immer beide Individuen gleichzeitig dunkel; da aber die Schnittfläche das Elasticitätsellipsoid beider Hälften in verschiedener Richtung schneidet, so zeigen dieselben in den Hellstellungen eine verschiedene Interferenzfarbe. — In Schnitten der Prismenzone zeigen beide Individuen schiefe Auslöschung, und zwar liegen die Auslöschungsrichtungen derselben symmetrisch zu den Nicolhauptschnitten, gegen diese nach links und rechts unter gleichem Winkel; sie schwanken zwischen dem Maximum auf $\infty P\bar{\infty}$ (010) und 0° auf $\infty P\bar{\infty}$ (100). — Die dritte Hauptzone (oP : $\infty P\bar{\infty}$) ist beiden Individuen nicht gemeinschaftlich. Ein Schnitt, der das eine Individuum nach oP (001) trifft, schneidet das andere im Sinne eines $+ mP\bar{\infty}$. Für das erste Individuum werden die Auslöschungen in der genannten Zone ebenso wechseln, wie in einem einfachen Krystall; für das zweite Zwillingsindividuum wachsen dieselben von 0° bei basalem Schnitt für Individuum I bis zum Maximum auf $\infty P\bar{\infty}$ (010) in stetiger Weise und in anderem Maasse, als für das erste Individuum. Es muss demnach eine Schnittlage geben, für welche beide Individuen gleichzeitig auslöschen.

Bei schiefen Schnitten durch Zwillinge nach $\infty P\bar{\infty}$ (100), welche also keiner der drei Hauptzonen angehören, kann die Zwillingsgrenze (Projection von $\infty P\bar{\infty}$ auf die Schnittebene) schief gegen die prismatischen Spaltrisse werden und die Auslöschungen sind dann natürlich unsymmetrisch zur Zwillingsgrenze. Man hatte solche Erscheinungen auf ein makroskopisch noch nicht beobachtetes Zwillingsgesetz gedeutet, wobei eine Prismenfläche Zwillingsebene wäre und nicht mit der Verwachsungsebene zusammenfalle. Dass hier wahrscheinlich ein specieller Fall des häufigsten Zwillingsgesetzes vorliege, wies Fr. Becke* nach.

Die sonstigen vorkommenden Zwillinge sind von zu geringer praktischer Bedeutung, um das Verhalten der Durchschnitte im polarisirten Licht hier ableiten zu müssen.

* T. M. P. M. 1885. VII. 98—107.

Aus Fig. 167 ergiebt sich, dass alle Schnitte der orthodiagonalen Zone Axen- oder Bissectricen-Austritt im convergenten Lichte zeigen werden. Spaltblättchen nach oP (001) oder $\infty\breve{P}\infty$ (100) lassen eine Axe mehr oder weniger randlich, bisweilen nahezu senkrecht im Gesichtsfelde erscheinen; auf den ersteren liegt dieselbe im Allgemeinen im stumpfen Winkel β, bei grossem Winkel $2V$ kann sie aber gelegentlich in den spitzen Winkel β fallen. Den Austritt der spitzen Bissectrix zeigen die wie ein negatives Hemidoma, den der stumpfen die wie ein positives Hemidoma geführten Schnitte. Um jede Axe sieht man wegen der starken Doppelbrechung selbst in sehr dünnen Schliffen einen oder mehrere lebhaft gefärbte Axenringe, was bei den rhombischen Pyroxenen nicht der Fall ist. — Die geneigte Dispersion ist in den zur spitzen Bissectrix senkrecht geführten Schnitten deutlich sichtbar. Die eine Hyperbel hat in der Diagonalstellung ein lebhaftes Roth innen und Blau aussen, an der andern Hyperbel liegen die Farben umgekehrt und sind merklich matter. Nach Des Cloizeaux' Angaben bewegen sich bei Erwärmung einer Platte auf 195°.8 C. die optischen Axen in demselben Sinne, die Hyperbel mit den blassen Farben entfernte sich von der Bissectrix um 1° 34′, die andere näherte sich ihr um 0° 36′, der scheinbare Winkel derselben wuchs also nur um 0° 58′. Die Bissectrix folgte der Bewegung der am weitest verschobenen Axe und erlitt eine Dispersion von 1° 5′.

Zwillinge nach dem Orthopinakoid zeigen auf dieser Fläche (die Diopsidkrystalle lassen die Erscheinung direct wahrnehmen) den Austritt zweier nicht zusammengehöriger Axen, wie man sich leicht deutlich macht, wenn man sich Fig. 167 parallel c durchschneidet und die eine Hälfte um eine zu c Normale um 180° dreht. Die Nichtzusammengehörigkeit der beiden Axen erkennt man daran, dass in der Parallelstellung zwischen gekreuzten Nicols der dunkle Querbalken ausbleibt, während die beiden Axenbalken sich zusammenfügen.

Der Pleochroismus der monoklinen Pyroxene pflegt gering zu sein, zumal in dünnen Schliffen, und bewirkt im Allgemeinen nur das Auftreten verschiedener Nüancen der Eigenfarbe grün oder braun. Es kann derselbe jedoch gelegentlich ein recht bedeutender werden. So fand Tschermak am schwarzen basaltischen Augit von Frascati c olivengrün, b grasgrün, a nelkenbraun. Die monoklinen Augit-Einsprenglinge der Trachyte und Andesite haben oft b bräunlichgelb bis röthlich, a und c grünlich; sie ähneln also den

rhombischen Pyroxenen, bei denen jedoch a und c erkennbare Farbenverschiedenheit zeigen. — In den Augiten der Tephrite ist oft b röthlich, bräunlich, violett oder grün, a und c gelblich, bei den titanreichen Augiten der basaltischen Gesteine, zumal der Nephelingesteine, pflegt b röthlichviolett, a und c gelblichgrau bis gelblichrosa zu sein, oder c nähert sich in der Farbe mehr derjenigen von b. — Die Absorptionsunterschiede der Hauptschwingungsrichtungen sind stets gering, ein gegenüber den Hornblenden zu betonendes Verhalten.

Die chemische Zusammensetzung der monoklinen Pyroxene ist eine noch nicht vollständig aufgeklärte. Nach der Auffassung TSCHERMAK's hätte man in ihnen isomorphe Mischungen der Molekularverbindungen $CaMgSi_2O_6$, $CaFeSi_2O_6$, $MgAl_2SiO_6$, $MgFe_2SiO_6$, $FeAl_2SiO_6$ zu sehen, in denen statt Eisen kleine Mengen von Mangan erscheinen können, und denen überdies das im Akmit herrschende Molekül $NaFeSi_2O_6$ beigemengt sein kann. Die Verbindung $CaMgSi_2O_6$ wäre in den farblosen Diopsiden fast rein vorhanden, $CaFeSi_2O_6$ im Hedenbergit, die sesquioxydhaltigen Moleküle kennt man nicht selbständig. Die Pyroxene der Diopsid- und Diallagreihe beständen vorwiegend aus isomorphen Mischungen des Diopsid- und Hedenbergit-Moleküls mit nur ganz untergeordneten Mengen der Sesquioxyd-haltigen Verbindungen, deren reichlicheres Auftreten im Gegentheil chemisch die Glieder der Augitreihe charakterisiren würde. Nun haben die Sonderanalysen, welche an den gesteinsbildenden monoklinen Pyroxenen letzthin von MERIAN, MANN, DÖLTER*, KNOP**, OSANN***, TEALL†, HAWES††. OEBBEKE†††, HUNTER*† u. A. ausgeführt wurden, dargethan, dass dieselben oft nicht unbedeutende Mengen von TiO_2 besitzen, dass ferner eine dem Spodumen-Molekül ($LiAlSi_2O_6$) analoge, im Jadeit herrschende Verbindung $NaAlSi_2O_6$ in isomorpher Mischung vorhanden ist. Ausserdem scheinen die die rhombischen Pyroxene constituirenden Molekülgruppen $Mg_2Si_2O_6$ und $Fe_2Si_2O_6$ beziehungsweise nach WÜLFING's Darlegungen ein Molekül $MgFeSi_2O_6$ in hier

---

* Die Vulkane der Capverden und ihre Producte. Graz. 1882.
** Z. X. 1885. X. 58—81 und Z. X. 1885. X. 72.
*** L. J. 1884. I. 45—49.
† Q. J. G. S. 1884. XL. 640.
†† Proceed. U. S. nat. Museum. 1881. 22 June. pg. 132.
††† L. J. B.-B. I. 1881. 471.
*† T. M. P. M. 1890. XI. 462.

und da nicht ganz unbedeutenden Mengen aufzutreten und wenn man die Reinheit des analysirten Materials annimmt, so würde selbst hiermit die mögliche Mannichfaltigkeit, welche die Dehnbarkeit der Bisilicatformel gestattet, noch nicht erschöpft sein. Es bedarf offenbar fortgesetzter analytischer Arbeiten an sorgfältig ausgesuchtem Material, um die Constitution der monoklinen Pyroxene festzustellen und die Gesetze aufzufinden, nach denen ihre Zusammensetzung von derjenigen des Gesteins abhängt, in welchem sie sich bildeten. Dass eine solche, theoretisch nothwendige, Abhängigkeit vorhanden sei, lassen die Untersuchungen von Mann und Merian deutlich erkennen.

Die Pyroxene schmelzen im Ganzen leicht zu Gläsern, in denen mikroskopische Krystallbildungen bei anhaltender Schmelzung gern auftreten. Von Salzsäure werden sie nur schwer oder gar nicht angegriffen. Der Aufschluss mit Kieselflusssäure behufs Nachweises der Basen gelingt oft erst nach mehrmaliger Behandlung. Die grünen und gelben Arten lassen sich durch Glühen auf Platinblech roth bis braun färben durch Ausscheidung von Eisenoxyd, wie man im Dünnschliff oft recht deutlich erkennen kann.

Das specifische Gewicht der gesteinsbildenden Pyroxene wurde bei Anwendung durchaus reiner Substanz niemals unter 3.3 gefunden. Es ist am niedrigsten in den eisenarmen Diopsiden und Diallagen, steigt mit dem Eisengehalt stark und erreicht sein Maximum in denjenigen Pyroxenen, in welchen das Akmitmolekül reichlich vertreten ist; es erreicht hier den Werth 3.55. Dieses hohe specifische Gewicht ist ganz besonders wichtig für die mechanische Trennung von den Amphibolen, deren Dichte bei analoger Zusammensetzung meist beträchtlich niedriger ist, als dasjenige der Pyroxene.

Die künstliche Darstellung der monoklinen Pyroxene von der Zusammensetzung der Diopside und Augite aus Schmelzfluss gelingt ausserordentlich leicht und wurde besonders von Fouqué und Michel-Lévy bei ihren petrogenetischen Synthesen unter den mannichfaltigsten Bedingungen beobachtet. Die Entstehung derselben bei Hüttenprocessen ist eine bekannte Thatsache und wurde besonders von J. H. L. Vogt* eingehend studirt. A. Daubrée**

* Studier over slagger. Bihang till k. Svenska Vet.-Akad. Handlingar. Bd. IX. No. I. 1884. — Beiträge zur Kenntniss der Gesetze der Mineralbildung in Schmelzwasser u. s. w. Archiv for Math. og Naturvid. Kristiania. 1890.

** C. R. 1856. XLV. 792.

erhielt Diopsidkrystalle durch Einwirkung überhitzten Wassers auf eisenhaltiges Glas; Lechartier durch Krystallisation in einem Schmelzfluss von Chlorcalcium oder Natriumsulphat.

Die Umwandlungsvorgänge, welche die monoklinen Pyroxene in grosser Häufigkeit und Mannichfaltigkeit wahrnehmen lassen, sind sehr wechselnde, je nach ihrer chemischen Zusammensetzung und nach den sie bedingenden geologischen Momenten. Sie mögen daher bei Besprechung der einzelnen Arten erörtert werden.

Als Malakolith sollen hier die gesteinsbildenden monoklinen, thonerdefreien bis thonerdearmen, nicht nach dem Orthopinakoid schalig gebauten Pyroxene zusammengefasst werden. Derselbe ist anscheinend nur spärlich in den Eruptivgesteinen vorhanden. In rundum ausgebildeten Krystallen trifft man ihn in den Augitgraniten von Laveline und wohl auch von andern Fundorten. Mit einiger Wahrscheinlichkeit lassen sich auch die farblosen bis hellgrünen Pyroxene mancher Quarzporphyre und diejenigen der Kersantite und mancher Minetten hierherstellen. Für sie alle sind neben der vollkommenen Spaltbarkeit nach dem Prisma Andeutungen von Blätterdurchgängen nach den vertikalen Pinakoiden, und eine wohl markirte Querklüftung sowie die leichte Umbildung in grünliche fasrige Aggregate charakteristisch, welche dem Serpentin angehören. Diese Umbildung beginnt mit Vorliebe an den Querklüften, die Fasern stellen sich parallel unter einander und senkrecht zu den Kluftwänden. Dadurch zerfällt ein Krystall in reihenförmig geordnete Fragmente, die nun ihrerseits gern in regellos filzige Faseraggregate übergehen, denen oft sehr reichlich Calcit beigemengt ist. Unerwiesen ist es bisher, ob die in gewissen silurischen Diabasen Schwedens, in carbonischen des nördlichen Englands und in den triadischen Diabasen des Connecticutsandsteins der Vereinigten Staaten, in Gangdiabasen von dem Gneiss von Rio de Janeiro u. s. f., welche man als Salitdiabase bezeichnet, auftretenden farblosen, gern nach oP (001) verzwillingten monoklinen Pyroxene zum Malakolith gestellt werden dürfen. Der Gang ihrer Umwandlung in Serpentin schien dieses allerdings recht wahrscheinlich zu machen, doch spricht entschieden gegen eine solche Deutung der sehr kleine Axenwinkel, den Hovey (unveröffentlichte Beobachtung) allenthalben constatiren und an einem Vorkommen von New Haven als $2E = 36° 9'$ messen konnte. Am Salit von Sala, der

* C. R. 1868. LXVII. 41.

zu den Diopsiden gehört, ist $2E = 112^0\,26'$. — In der Formation der krystallinen Schiefer sind die Malakolithe sehr verbreitet, vorwiegend an körnigen Kalk gebunden, in welchem sie theils schwebende Krystalle, theils stenglige bis körnige Aggregate bilden. Aus den körnigen Kalken lässt sich der Malakolith in jene vorwiegend aus Kalk- und Magnesiasilikaten gemengten lagerförmigen Gesteine verfolgen, welche in den Gneissen den Kalklagern geognostisch gleichwerthig scheinen. An solchen Malakolithen beobachtete Schumacher* die paramorphe Umsetzung in Amphibol. Verwandt hiermit ist das Auftreten eines farblosen monoklinen Pyroxen in säulenförmigen Individuen in manchen Amphiboliten und Gneissen, welches zuerst von E. Kalkowsky**, dann auch von F. Becke*** u. A. beobachtet wurde. Auch hier fehlt noch der chemische Nachweis für die Richtigkeit der Einreihung bei den Diopsiden. — Die Kalksilikathornfelse der Granit-Schiefercontactzonen enthalten den Malakolith zumeist recht reichlich neben Granat und Epidot. Vor der Verwechslung mit letztgenanntem Mineral bewahrt am leichtesten die Beobachtung im convergenten Lichte. Bei Malakolith liegt die Axenebene parallel zu Längsaxe und Spaltrissen, bei dem Epidot senkrecht zu denselben Richtungen. Vom Zoisit unterscheidet den Malakolith die starke Doppelbrechung. — Die groben Malakolithaggregate von Sala, Arendal, Stambach, Gefrees u. a. O. lassen oft eine Umbildung in Talkschuppen wahrnehmen. — Eine constante Mikrostructur besitzen die Malakolithe nicht; an Einschlüssen trifft man besonders Flüssigkeits- und Gasinterpositionen von cylindrischer Gestalt, die parallel den Spaltflächen geordnet sind.

Diallag. Die chemische Zusammensetzung der gesteinsbildenen Diallage ist im Allgemeinen diejenige der Malakolithe mit einer nicht eben beträchtlichen Beimischung der Molekulargruppe $(MgFe)\,(Al, Fe)_2\,SiO_6$, zu welcher sich in den alkalireichen Gesteinen (Augitsyeniten) auch das Akmitmolekül ($NaFeSi_2O_6$) gesellt. Morphologisch sind sie durch den meistens vollständigen, oder doch nahezu gänzlichen Mangel äusserer Krystallbegrenzung und das Vorhandensein einer sehr deutlichen Theilbarkeit nach $\infty P\bar{\infty}$

---

* E. Schumacher, Die Gebirgsgruppe des Rummelsbergs bei Strehlen. Z. D. G. G. 1878. XXX. 498.

** E. Kalkowsky, Ueber den Salit als Gesteinsgemengtheil. T. M. M. 1875. 45—50.

*** Fr. Becke, Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. T. M. P. M. 1882. IV. 297. 375 et passim.

(100) neben der prismatischen Spaltbarkeit charakterisirt (Taf. XIX Fig. 4). Nicht allgemein und weit weniger deutlich ist auch eine Theilbarkeit nach ∞P$\breve{\infty}$ (010) und nur in einzelnen Fällen eine solche nach oP (001) zu beobachten. Die Theilbarkeiten nach den drei Pinakoiden scheinen nicht eigentliche Spaltbarkeit zu sein, sondern in einem z. Th. mit Zwillingsbildung nach oP (001) und ∞P$\breve{\infty}$ (100) verbundenen Schalenbau ihre Ursache zu haben, der nicht selten durch fremde Einlagerungen parallel diesen Flächen noch deutlicher wird. Die Zwillingsbildungen sind die gleichen, wie beim Malakolith; ihre Ausbildungsform ist meistens die lamellarer polysynthetischer Verwachsung. Ueber mechanische Deformationen, welche mit Zwillingslamellirung verbunden waren, berichtete L. van Werveke*. — Der Diallag ist ausserordentlich oft mehr oder weniger von Lamellen eines rhombischen Pyroxens (Bronzit) durchdrungen (Taf. XVI Fig. 5); dieselben haben mit dem Diallag das Prisma gemein und ihr ∞P$\breve{\infty}$ (010) fällt dann natürlich zusammen mit ∞P$\breve{\infty}$ (100) des Diallag. Die rhombische Natur dieser Lamellen erkennt man am besten in Schnitten parallel ∞P$\breve{\infty}$ (010), in denen die Bronzitstreifen gerade auslöschen, während der Diallag das Maximum der Auslöschungsschiefe zeigt. Im convergenten Licht sieht man bei hinreichender Breite der allerdings meistens sehr schmalen Bronzitlamellen auf diesen eine Bissectrix austreten; umgekehrt zeigen Spaltblättchen nach ∞P$\breve{\infty}$ (100) in den Diallaglamellen den randlichen Austritt einer Axe, während nun die Bronzitlamellen parallel ihrer Axenebene getroffen wurden. — Verhältnissmässig seltener finden sich parallel der Absonderung nach ∞P$\breve{\infty}$ im Diallag Säulchen von Hornblende, die mit einiger Sicherheit als primär angesehen werden könnten.

Ausserordentlich oft begegnet man im Diallag, wie schon G. Rose** beobachtete, denselben blättrigen mikroskopischen Interpositionen, welche bei Bronzit und Hypersthen des weiteren besprochen wurden (S. 457). Dieselben liegen vorwiegend auf der Absonderungsfläche derart parallel geordnet, dass sie in Schnitten parallel dieser

---

* L. van Werveke, Eigenthümliche Zwillingsbildung an Feldspath und Diallag. L. J. 1883. II. 97.

** G. Rose, Ueber die Gabbroformation von Neurode in Schlesien. Z. D. G. G. 1867. XIX. 280. 294; cf. auch F. Zirkel, Geologische Skizzen von der Westküste Schottlands. Ibidem 1871. XXIII. 59. 94. — R. Hagge, Mikroskop. Untersuchungen über Gabbro. Kiel. 1871. — F. Becke, Gesteine von Griechenland. T. M. P. M. 1878. I. 473.

breit und in der Richtung der Prismenaxe verkürzt, in Schnitten nach $\infty P\breve{\infty}$ (010) sehr schmal und in der Richtung der Prismenaxe verhältnissmässig verlängert erscheinen. Schnitte senkrecht zur Prismenaxe zeigen sie gleichfalls als schmale Striche, deren Längsrichtung mit der Symmetrieaxe zusammenfällt. Sie bedingen den metallischen Schiller auf der Querfläche, welcher sofort fehlt, wenn diese Interpositionen nicht vorhanden sind. Nur selten liegen diese Einschlüsse auch auf einer Schiefendfläche.

Alle Längsschnitte lassen mehr oder weniger deutlich eine fasrige bis stenglige Structur wahrnehmen, wie sie auch der Bronzit besitzt; dieselbe verbindet sich auch hier oft mit dem Erscheinen cylindrischer Hohlräume, die gar oft mit Eisenerzen, Carbonaten und andern Zersetzungsproducten theilweise oder ganz erfüllt sind. Die fasrige Structur scheint nicht immer die Folge stengliger Aggregation zu sein.

Die Diallage werden mit graugrüner bis grüner, auch in manchen Gesteinen mit brauner Farbe durchsichtig, Brechungsvermögen. Stärke der Doppelbrechung, Auslöschungsschiefe und Axenwinkel sind nahezu dieselben, wie bei den Malakolithen. Doch scheint es nach den bisher vorliegenden Untersuchungen*, als wenn die so häufige Wasseraufnahme bei den Diallagen einen nicht unbedeutenden Einfluss auf den Axenwinkel ausübe. Derselbe sinkt recht oft beträchtlich unter den für die Diopsidreihe charakteristischen Werth; so fand Websky für Diallag von Volpersdorf $2V_a = 47°51'$. Das wichtigste optische Charakteristikum des Diallag, zumal gegenüber den rhombischen Pyroxenen und dem Bastit ist der randliche Austritt einer optischen Axe auf Spaltblättchen nach $\infty P\breve{\infty}$ (100) im convergenten Licht.

Pleochroismus ist bei den Diallagen nur selten in deutlicher Weise wahrnehmbar, und zwar pflegt dann *b* gelblich, *a* und *c* grünlich zu sein. Absorptionsunterschiede sind kaum zu beobachten im Dünnschliff.

Der Diallag ist ein wesentlicher Gemengtheil des Gabbro und seiner Derivate, sowie mancher Peridotite und Serpentine und bildet in diesen Gesteinen blättrige Massen von oft recht bedeutenden Dimensionen. Dieselben umschliessen die älteren Gemengtheile dieser Gesteine, zumal gern Magnetit, Titaneisen, Chromit und

---

* M. Websky, Ueber Diallag, Hypersthen und Anorthit im Gabbro von Neurode. Z. D. G. G. 1864. XVI. 531.

Olivin. Möglicherweise sind durch winzige Einschlüsse solcher Mineralien die kleinen Quantitäten von TiO_2 und Cr_2O_3 bedingt, welche analytisch im Diallag nachgewiesen wurden. Häufig ist in diesen Gesteinen eine bald regellose, bald parallele Umwachsung des Diallag durch rhombische Pyroxene und durch Hornblende*. — In der Formation der krystallinen Schiefergesteine begegnet man dem Diallag im Ganzen sehr selten. Er ist hier beschränkt auf die Olivinfelse und Olivinschiefer (sog. Chromdiopsid) und ihre Derivate, sowie auf gewisse Amphibolite, welche man mit einer der Sicherheit nahe kommenden Wahrscheinlichkeit als dynamometamorphe Gabbros betrachten darf, und auf die als Trappgranulite bezeichneten Gesteine.

Die Veränderungsvorgänge, welche am Diallag zu beobachten sind, lassen sich in zwei Gruppen theilen. Sehr allgemein und unter allen Verhältnissen trifft man eine durch Wasseraufnahme eingeleitete Umwandlung zu fasrigen und schuppigblättrigen Aggregaten von Serpentin, beziehungsweise Chlorit, welche nicht selten die Mikrostructur des Mutterminerals sehr getreu bewahren, und denen meistens in kleinerer oder grösserer Menge Kalkcarbonat oder Epidot beigemengt sind. — Gegenüber diesem Vorgange der normalen atmosphärischen Verwitterung muss man die ebenfalls sehr verbreitete Umwandlung in Amphibolmineralien wohl auf gebirgsbildende Processe zurückführen, da dieselbe wesentlich auf die Gabbros im Bereich der krystallinen und phyllitischen Schiefer beschränkt erscheint. Diese Umwandlung in Amphibolmineralien pflegt von der Peripherie nach dem Centrum hin fortzuschreiten, so dass bei grösseren Dimensionen des Diallags die centralen Partien unverändert erscheinen, und es ist mit diesem Vorgange oft eine bedeutende Deformation der blättrigen Krystalloide zu mehr oder weniger langgestreckten Flasern verbunden (Flasergabbro). Die so entstehenden Amphibolmineralien gehören anscheinend dem gemeinen Strahlstein, auch wohl dem Smaragdit an. Wie weit es berechtigt ist, diesen Process als eine einfache Paramorphose zu betrachten, können erst chemische Untersuchungen an dem Muttermineral und seinem Derivat lehren. Dass solche amphibolisirten Diallage durch Hinzutritt der normalen Verwitterung gleichfalls in

* Al. Cathrein, Ueber die chemische Zusammensetzung der Diallage von Wildschönau und Ehrsberg. Z. X. 1882. VII. 249; — J. H. Kloos, Studien im Granitgebiet des südlichen Schwarzwalds. L. J. B.-B. 1884. III. 20.

Gemenge von Serpentin und Chlorit mit Calcit, beziehungsweise Epidot übergehen können, ist leicht verständlich. Ueber derartige Vorgänge vergleiche man aus der neueren Literatur die Arbeiten von Joh. Lehmann*, G. H. Williams**, Fr. H. Hatch*** u. A.

Augit. Die thonerdehaltigen monoklinen Pyroxene gehören zu den verbreitetsten Gemengtheilen der krystallinen Gesteine. Der eigentliche, gemeine und basaltische, Augit bildet in den eruptiven Felsarten mit porphyrischer Structur, seltener in denen mit körniger Structur rundum ausgebildete Krystalle der Form Fig. 160 und gehört alsdann zu den älteren Ausscheidungen aus den Magmen. Dieses ist der Fall in gewissen Minetten†, seltener in Quarzporphyren, sehr häufig in den quarzfreien Porphyren, Porphyriten, Melaphyren, Tescheniten, Lipariten, Trachyten, Phonolithen, Andesiten und basaltischen Gesteinen. In Form unregelmässiger Stengel und Körner erscheint er häufig in den körnigen Massengesteinen, Eläolithsyeniten, Augitdioriten, Diabasen und Pikriten, und in den porphyrischen Felsarten oft dann, wenn er einer zweiten jüngeren Generation von Pyroxenen als Gemengtheil der sogenannten Grundmasse angehört. — Zonare Structur in Folge isomorpher Schichtung ist ungemein verbreitet.

Die Spaltbarkeit nach dem Prisma ist fast stets sehr deutlich, daneben treten, zumal in Diabasen, pinakoidale Blätterdurchgänge auf, welche ihm wohl ein diallagähnliches Ansehen geben, aber nirgends die Vollkommenheit der Absonderung dieses Minerals erreichen. Umgekehrt ist bei manchen, zumal basaltischen und phonolithischen Augiten die Spaltbarkeit nach ∞P (110) bisweilen so unvollkommen, dass sie sich mikroskopisch nicht durch Kluftsysteme ausspricht, auch makroskopisch nicht darstellbar ist.

Die Farben im durchfallenden Licht sind grün oder braun, seltener gelb bis roth oder violett; die Auslöschungsschiefen auf ∞P∞ (010) übersteigen den Werth von 40° wohl stets, wenn nicht reichliche Mengen des Akmitmoleküls beigemengt sind. Die Axen-

* Ueber die Entstehung der altkrystallinischen Schiefergesteine etc. Bonn. 1884. 190 sqq.

** On the paramorphosis of pyroxene to hornblende in rocks. Amer. Journ. 1884. XXVIII. No. 166. October.

*** Ueber den Gabbro aus der Wildschönau in Tyrol und die aus ihm hervorgehenden schiefrigen Gesteine. T. M. P. M. 1885. VII. 75—87.

† G. Linck, Geognostisch-petrographische Beschreibung des Grauwackegebietes von Weiler bei Weissenburg. Strassburg i. E. 1884. pg. 47.

winkel schwanken stark und sinken nicht selten unter das Minimum der Diopside, ohne dass bisher nachgewiesen wäre, worin die Ursache hierfür liege; im Allgemeinen ist dieselbe jedoch grösser, als bei Diopsiden und Diallagen.

Die chemische Zusammensetzung schwankt nach dem vorliegenden Analysenmaterial stark, zumal in der relativen Menge von $MgAl_2SiO_6$ und $MgFe_2SiO_6$, sowie in der Menge des isomorph beigemischten Akmitmolekülś.

Die Augite der Eruptivgesteine umschliessen nebst den mit ihnen associirten Mineralien älterer Entstehung (zumal Eisenerze, Apatit, Olivin, Glimmer) Interpositionen von Glas überaus häufig und oft in grosser Menge. Dieselben sind meistens rundlich, eiförmig oder regellos gestaltet, besitzen aber auch wohl die Form ihres Wirthes. Weniger allgemein verbreitet sind Fluidaleinschlüsse und unter diesen wurde mehrfach liquide Kohlensäure nachgewiesen. — Ebenso sind Gasinterpositionen keine seltene Erscheinung.

Gesetzmässige Verwachsungen mit Amphibolmineralien, wobei diese mit dem Augit die vertikale Axe und die Symmetrieebene gemein haben (Taf. XIX Fig. 5), sowie mit Glimmern der Biotitreihe, deren Basisfläche alsdann mit einer Prismenfläche des Augits zusammenfällt, sind mehrfach, zumal in Dioriten, Teschenitеn und Tephriten, sowie Eläolithsyeniten beobachtet worden. — Regellose Verwachsungen, welche bis zu förmlichen Perimorphosen sich entwickeln können, finden sich besonders mit Nephelin in Tephriten und Nephelingesteinen, wenn die Entwicklung des Augits bis in die Periode der Nephelinkrystallisation hinein fortdauert.

Die normale Verwitterung der Augite der Eruptivgesteine führt sehr allgemein zur Chloritbildung. Dieselbe beginnt meistens von der Peripherie her, seltener von einschlussreichen Stellen des Krystallinnern und schreitet dann auf den Blätterdurchgängen vor. Es entstehen bald parallelfasrige und parallelschuppige oder auch filzige, grüne Aggregate (Taf. XIX Fig. 6) von geringer Doppelbrechung, welche nach und nach die gesammte Augitsubstanz ersetzen. Dieselben sind oft durchspickt mit stark lichtbrechenden Körnchen und Stacheln von Pistazit oder von kleinen Körnchen an seiner Spaltbarkeit und starken Doppelbrechung leicht kennbaren Calcits und umschliessen ferner oxydische Eisenerze und gar nicht selten Anataspyramiden. Ein weiteres Fortschreiten der Verwitterung zerstört alsdann den Chlorit wieder, an dessen Stelle

ein Gemenge von Carbonaten, Limonit, Thon und Quarz tritt*. — Die Zersetzung unter Mitwirkung stärkerer Säuren in flüssigem oder gasförmigem Zustand, also die vulkanische Zersetzung liefert unter Wegführung aller Basen Pseudomorphosen von Opal oder Chalcedon nach Augit**, ein Vorgang, der ganz wesentlich auf saurere Gesteine der Trachyt- und Andesitfamilie beschränkt scheint. — Sehr verbreitet, aber wahrscheinlich mit Vorliebe an dynamometamorphe Gebiete gebunden, ist die Umwandlung des Augit in ein Hornblendemineral, die Uralitisirung. Sie findet sich fast ausschliesslich in den Augitdioriten und Diabasen, sowie den älteren porphyrischen Aequivalenten jener und wird bei Uralit des Näheren besprochen werden.

Ob die in manchen Gneissgebieten (Vogesen, niederösterreichisches Waldviertel u. s. w.) verbreiteten Augitgneisse mit grün durchsichtigen monoklinen Pyroxenen einen wirklichen Augit oder einen tiefer grüngefärbten Malakolith enthalten, ist bisher nicht untersucht worden. Der augitische Gemengtheil dieser Gneisse ist fast stets mit grüner, sehr selten mit brauner Farbe durchsichtig und bildet vorwiegend unregelmässige Körner oder nach der vertikalen Axe gestreckte Stengel, in denen man nie andere als Flüssigkeitseinschlüsse und auch diese nur selten wahrnimmt. Die Verwitterungsphänomene sind am ähnlichsten denjenigen der granitischen Malakolithe. Verwachsungen mit und Umsetzungen in Amphibolmineralien sind auch hier mehrfach beobachtet worden. —

Die Fassait genannten lauchgrünen und gelbgrünen Abarten des gemeinen Augits scheinen auf die Contactmetamorphosen der mergeligen Kalke an älteren und jüngeren Eruptivgesteinen beschränkt zu sein.

Mit dem Namen Omphacit bezeichnet man die niemals krystallographisch begrenzten, meistens rundliche Körner oder kurzstenglige Aggregate bildenden, hellgrünen, gemeinen Augite der Eklogite. Dieselben bekunden sich durch ihre Spaltbarkeit und grosse Auslöschungsschiefe als Pyroxene. Im durchfallenden Lichte sind sie sehr hell grün bis nahezu farblos. Sehr häufig ist der Omphacit mit einer grünen Hornblende (Smaragdit) verwachsen und zwar so, dass auch hier beide Mineralien die vertikale Axe

* A. Knop, Ueber Pseudomorphosen von Cimolit nach Augit im Basalt von Sasbach am Kaiserstuhl. L. J. 1877. 699.

** M. Kispatic, Ueber die Bildung der Halbopale im Augitandesit von Gleichenberg. T. M. P. M. 1881. IV. 122—146.

und die Symmetrieebene gemeinsam haben. Bei manchen Autoren findet man die Bezeichnung als Omphacit* auch für solche Pyroxene angewendet, die nach Spaltbarkeit und chemischer Zusammensetzung zum Diallag gehören, speciell für die sogenannten Chromdiopside der Olivingesteine. — Der Omphacit umschliesst oft in grossen Mengen die für Eklogite so charakteristischen Rutilkryställchen und Körner.

Akmit und Aegirin sind nahe verwandte Varietäten einer und derselben Art von natron- und eisenreichen Pyroxenen, von denen der Aegirin die bei weitem grösste Verbreitung in den Gesteinen hat. Immerhin hat jedes dieser Mineralien seine Eigenthümlichkeiten in krystallographischer und auch in optischer Hinsicht, wie besonders W. C. Brögger dargethan hat, auf dessen inhaltsreiches Werk ich für alle Einzelnheiten verweise. So sind Zwillinge nach (100), oft mit mehreren zwischengeschalteten schmalen Lamellen, bei Akmit die Regel, beim Aegirin im Ganzen selten, der Akmit ist stets prismatisch nach ∞P ($110 : 1\bar{1}0 = 87^0 4'$), der Aegirin zwar auch meistens nach dieser Form mit $110 : 1\bar{1}0 = 87^0 11'$, aber auch nach der Grundpyramide P ($\bar{1}11 : \bar{1}\bar{1}1 = 119^0 45'$). Mit dem Prisma ist in der Vertikalzone wohl meistens $\infty P\infty$ (100), und zwar als grösste Fläche combinirt, den Krystallen Tafelform gebend, $\infty P\infty$ ist gemeiniglich klein oder fehlt ganz; auch (100) kann vollkommen fehlen (Langesund). Die terminale Endigung wird bei dem Akmit oft durch die steilen Pyramiden gegeben, die ihm den Namen eintrugen, beim Aegirin fast stets durch P ($11\bar{1}$), dessen Polkante gern durch $P\infty$ ($10\bar{1}$) abgestumpft wird. Selten ist die Endigung durch letztere Form allein. Brögger hielt für den Aegirin geneigtflächige Hemiëdrie für wahrscheinlich, welche G. H. Williams (Amer. Journ. 1889. XXXVIII. 115) für andere Glieder der Pyroxenfamilie darthat. — Sehr oft fehlen auch die terminalen Flächen bei den gesteinsbildenden Aegirinen, sie enden spiessig und zackig unregelmässig und wenn dann auch die Flächen der Prismenzone in Folge der starken vertikalen Streifung sich verwischen, so entstehen langschilfige Stengel, die sich oft angenähert parallel oder büschelförmig aggregiren und sich gern pinselartig an andere Pyroxene oder auch an Nepheline ansetzen. Ja sie aggregiren sich

* O. Luedecke, Der Glaukophan und die glaukophanführenden Gesteine der Insel Syra. Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 260. — A. Schrauf, Beitrag zur Kenntniss des Associationskreises der Magnesiasilikate. Z. X. 1882. VI. 321.

zu den zierlichsten Blumenkohl- und Eisblumen-ähnlichen Formen, wobei die schlanken Nadeln oft ganz trichitisch gebogen sind (Phonolith).

Wo Akmit und Aegirin parallel verwachsen (Rundemyr bei Eker in Norwegen), da liegt der Akmit peripherisch, aber er überzieht, wie Brögger zuerst beoachtete, meistens nur die Flächen von $\infty P\bar{\infty}$ (100), $\infty P\dot{\infty}$ (010), P (11$\bar{1}$) und $P\bar{\infty}$ (10$\bar{1}$), nicht auch die Prismen- und steile Pyramidenflächen. Immerhin kommen auch Lamellen von Akmit in Aegirin und reine Akmitkrystalle vor.

Die Spaltung geht nach ∞P (110) und ist vollkommener als in der Augitreihe; eine Spaltung nach $\infty P\dot{\infty}$ (010) tritt bei Aegirin oft mit grosser Deutlichkeit hervor. Eine nicht selten glatte Theilbarkeit nach oP (001), die besonders bei grossen Individuen vorkommt, möchte Brögger für Absonderung halten.

Das Brechungsvermögen und die Doppelbrechung sind bei Akmit und Aegirin höher, als bei den übrigen Pyroxenen; auch die optische Orientirung weicht wesentlich ab. Allerdings liegt auch hier die Axenebene in der Symmetrieebene, aber die Axe der grössten Elasticität ist spitze Bissectrix, der Aegirin also optisch negativ und diese Bissectrix liegt sehr nahe an der Vertikalaxe $c : a = 4^0—5^0$ (in Zwillingen ist auf (010) die Neigung $a : \underline{a}$ nicht über 10°) im stumpfen Winkel β (Fig. 168). Es tritt somit auf Schnitten nach dem Orthopinakoid die positive stumpfe Bissectrix fast senkrecht aus*. Der Axenwinkel ist gross, die Dispersion $\varrho > v$ um a. Bei Akmit ist a : c etwas grösser als bei Aegirin, wie man deutlich bei Verwachsungen desselben in den Vorkommnissen von Rundemyr beobachtet; Brögger giebt hier für Aegirin $a : c = 3\frac{1}{2}^0—4^0$, für Akmit $5\frac{1}{2}^0—6^0$.

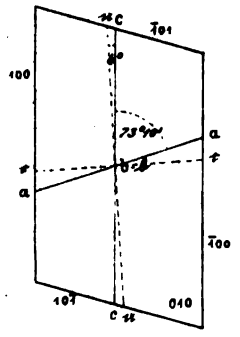


Fig. 168.

---

* Bei Des Cloizeaux und Tschermak wird die fast mit der Prismenaxe zusammenfallende Elasticitätsaxe als c, die nahezu auf $\infty P\bar{\infty}$ (100) senkrechte als a angegeben. Die im Texte angeführte Orientirung des Elasticitätsellipsoides wurde mit dem Quarzkeil an Dünnschliffen nach 100 und 010 in parallelem und convergentem Lichte übereinstimmend am Akmit von Porsgrund und am Aegirin von Låven gefunden. Auch J. Wiik (l. c.) bestimmte die fast mit c zusammenfallende Axe als a.

Ich hatte früher die Endflächen P (1$\bar{1}$1) und $P\bar{\infty}$ (1$\bar{0}$1) als $P\dot{\infty}$ (011) und oP

An zahlenmässigen Bestimmungen liegt vor

		α	β	γ	2V	2E	a : c	
Aegirin	Langesund	—	1.753	—	63° 28′	134° 27′	2½-3½°	Brögger* f. Na-Licht
„	„	1.7590	1.7929	1.8054	62° 35′	—	3½°	Wülfing für Eosin
„	„	1.7630	1.7990	1.8126	62° 13′	—	4°	„ „ Na-Licht
„	„	1.7714	1.8096	1.8238	61° 44′	—	4° 58′	„ „ Tl-Licht
„	„	—	1.8084	—	—	—	4° 30′	Sanger** „ Na-Licht
„	„	—	1.8050	—	—	—	—	Wülfing*** „ Na-Licht
„	„	—	1.8086	1.8196	—	—	4° 15′	„ † „ Na-Licht
„	Kola	1.777	1.801	—	—	—	4°—5°	W. Ramsay†† für weisses Licht.

Nach den Werthen für β scheinen die optischen Verhältnisse recht beträchtlichen Schwankungen zu unterliegen, was auch Wülfing für den Aegirin des Langesund hervorhob. Aus Wülfing's Messungen für Na-Licht ergiebt sich $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.7915$, $\gamma-\alpha = 0.0496$, $\gamma-\beta = 0.0136$, $\beta-\alpha = 0.360$.

Die immerhin nicht unbeträchtliche Bissectricen-Dispersion ($a_\varrho : c = 3° 30'$, $a_{tl} : c = 4° 58'$) führt in Schnitten, die nicht in der Orthozone liegen, zu der für die Titanaugite (S. 520) erwähnten Erscheinung, dass die Auslöschungen unvollkommen und die Interferenzfarben bei dem Drehen aus der Auslöschungsstellung nach rechts oder links verschieden sind. Da der Winkel a : c für roth kleiner ist, wird ein Schnitt gelblich, wenn man im Sinne des Uhrzeigers dreht, bläulichviolett bei andersinniger Drehung.

Brögger betont die stark geneigte Dispersion; in der Diagonalstellung ist die eine Hyperbel durchweg farbig mit blau aussen, rostroth innen, die andere Hyperbel zeigt nur geringe Färbung.

(001) gedeutet und daher in der 2. Auflage dieses Buches die Axe a in den spitzen Winkel β verlegt. Die Messungen Brögger's und die Aetzversuche Wülfing's haben dargethan, dass das nicht richtig war. Mit der Auffassung, die jetzt auch hier adoptirt ist, stimmen auch die Modalitäten der Verwachsung von Aegirin und Augit, wie sie sich besonders deutlich in den Theralithen studiren lassen.

* β und 2V wurden berechnet aus 2E und den Messungen des spitzen und stumpfen Axenwinkels (H_a und H_o) in Baryumquecksilberjodid, dessen n = 1.746. — Der Werth a : c wächst in äusseren helleren Zonen der Krystalle bis circa 6°.

** Bestimmung durch Minimalablenkung im Prisma.

*** Bestimmung an Sanger's Prisma.

† Bestimmung an Prismen, welche Herr Dr. Max Koch geschliffen hatte.

†† Petrographische Beschreibung der Gesteine des Lujaur-Urt. Fennia. III. No. 7. 40. Der Werth für α ist nur nahezu genau nach der Orientirung des Prismas. Messungen des Axenwinkels um c in Jodmethylen ergaben, dass $2V_o > 114°$ war.

Der Pleochroismus ist sehr beträchtlich am Aegirin, weniger am Akmit und hat früher oft zu Verwechslung mit Amphibol Veranlassung gegeben. Es wurde beobachtet an

Akmit	Rundemyr	a dunkelbraun	b hellbraun	c grünlichgelb	(in dicken Schliffen)
„	„	grünlichbraun	gelb	grünlichgelb	(in sehr dünnen Schliffen)
„	„	hellbräunlich mit Stich ins Grüne	grünlichgelb mit Stich ins Braune	bräunlichgelb	Brögger
Akmit	Ditró . .	dunkelbraun	bräunlichgrün	bräunlichgrün	Becke
Aegirin	Låven . .	rein grün bis blaugrün	olivengrün	grasgrün ins Gelbliche	
„	Langesund .	tief olivengrün bis grasgrün	olivengrün bis grasgrün	braun bis braungelb mit Stich ins Grüne	Brögger
„	Eker . . .	tief grasgrün	heller grasgrün	gelbbraun bis gelb	„
„	Kola . . .	rein grün	gelbl. grasgrün	braungelb	Ramsay
„	Särna . . .	blaugrün	saftgrün	gelbgrün	Törnebohm
„	Azoren . .	dunkelgrün	gelbgrün	schmutziggelb	Pacheco

Die Absorption ist deutlich $a > b > c$.

Sp. G. = 3.5—3.6, also grösser als bei den übrigen Pyroxenen. — Chemische Zusammensetzung wesentlich $NaFeSi_2O_6$ mit kleinen Mengen des Diopsid-, Hedenbergit- und Augit-Moleküls. Schmilzt leicht unter starker Gelbfärbung der Flamme. In der geschmolzenen Perle finden sich reichlich Krystallskelette von Magnetit (?).

Der Aegirin hat an manchen Fundorten eine deutliche Zonarstructur mit nach aussen hin etwas heller werdender Farbe. Er verwächst sehr oft in paralleler Stellung mit den andern gesteinsbildenden Pyroxenen und umhüllt diese dann; nirgends wird er von jenen umhüllt. Auch mit Gliedern der Amphibolfamilie kommt er, wiewohl sehr selten, in derart paralleler Verwachsung vor, dass die beiden die Symmetrie- und Prismenaxe gemein haben. Der Biotit verwächst mit Aegirin so, dass oP (001) jenes auf ∞P (110) dieses liegt.

Der Aegirin und Akmit der Gesteine sind im Allgemeinen sehr frisch. Doch beobachtete Brögger eine von innen nach aussen längs der prismatischen Spaltbarkeit fortschreitende Umwandlung in Analcim, der gewöhnlich eudnophitisch doppelbrechend ist, in den Pegmatitgängen des Langesund.

Akmit und Aegirin scheinen ganz auf die Eruptivgesteine beschränkt zu sein und hier besonders in den alkalireichen Magmen

zu entstehen. So sind sie in Na-reichen Graniten und Syeniten, sowie in den Eläolithsyeniten Südnorwegens, Grönlands, von Monchique und von Ditró, Brasilien, Nord-Amerika, Canada u. s. w. nachgewiesen*. Sie umschliessen hier Erze, Apatit, Biotit und gelegentlich, zumal randlich, Eläolith, Sodalith und Orthoklas. — Unter den jüngeren Gesteinen sind es die Phonolithe und Leucitophyre, sowie verwandte Gesteine**, in denen dem Aegirin oder Akmit nahestehende oder richtiger gesagt, an dem Akmitmolekül reiche monokline Pyroxene vorkommen; ebenso finden sie sich in gewissen phonolithähnlichen Trachyten der Azoren nach Mügge's*** Untersuchungen. In derartigen akmitischen Pyroxenen herrscht die gleiche Mikrostructur, wie bei den geologisch äquivalenten Augiten. — Es ist hervorzuheben, dass bisher die sonst so häufige Umlagerung in Amphibol an den akmitischen Pyroxenen nicht wahrgenommen wurde.

Wh. Cross (Amer. Journ. 1890. XXXIX. 365) beschreibt eine pyroxenische Neubildung auf Gängen in Gneiss, die er nach ihrem optischen Verhalten mit Aegirin identificirt. Das wäre eine auffallende Genesis; doch begegnet man dem Aegirin auch wohl in unfrischen Eläolithsyeniten und verwandten Gesteinen in solcher Verbindung mit Zeolithen, dass er mit diesen wohl gleichaltrig sein muss. Allerdings wird er in den von Cross beschriebenen Vorkommnissen von Custer Co., Colorado, von neugebildetem Calcit und Quarz begleitet.

Als Aegirin-Augit bezeichne ich eine Gruppe von gesteinsbildenden Augiten, welche mit sattgrüner Farbe durchsichtig werden, einen ägirinartigen Pleochroismus besitzen, bei idiomorpher Gestaltung wesentlich durch $\infty P\bar{\infty}$ tafelartigen Habitus besitzen und nur klein die Flächen ∞P (110), $\infty P\bar{\infty}$ (010) und P (11$\bar{1}$) zeigen, und bei denen die Auslöschungsschiefe auf $\infty P\bar{\infty}$ (010) meist kleiner ist, als 35°. Von besonderer Wichtigkeit ist für dieselben aber,

* C. W. Brögger, Die silurischen Etagen 2 und 3 im Christianiagebiet und auf Eker. Christiania. 1882. 264. 279. — L. van Werveke, Ueber den Nephelinsyenit der Serra de Monchique. L. J. 1880. II. 160. 277. — F. Becke, Akmit aus dem Eläolithsyenit von Ditró. T. M. P. M. 1878. I. 554. — A. E. Törnebohm, Om den s. k. fonoliten från Elfdalen. G. F. i Stockholm Förhdl. 1883. VI. 395 und Nephelinsyenit från Alnö. Ibidem VI. 543.

** C. Doelter, Die Vulkane der Capverden und ihre Producte. Graz. 1882. passim.

*** O. Mügge, Petrographische Untersuchungen an Gesteinen der Azoren. L. J. 1883. II. 215.

dass die der Vertikalaxe nächst gelegene Elasticitätsaxe der grössten und nicht, wie in der Diopsidreihe, der kleinsten Elasticität entspricht, worauf zuerst Brögger (l. c.) hinwies. Diese Elasticitätsaxe liegt im spitzen Winkel β, d. h. im Sinne der Diagonale des stumpfen Winkels des von den Kanten P : P und ∞P : ∞P bei klinodiagonalem Schnitt gebildeten Rhombus (Fig. 169). Ob diese Richtung den stumpfen oder spitzen Axenwinkel halbire, ist noch nicht untersucht worden.

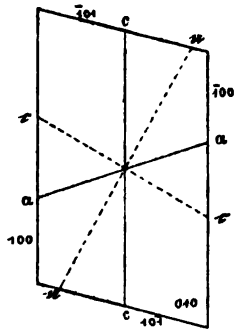


Fig. 169.

Ihr Pleochroismus ist a grasgrün, b sattgrün, c gelblich bis bräunlich mit Stich ins Grünliche.

Die Aegirin-Augite sind regelmässige Gemengtheile vieler Leucitophyre, Phonolithe und mancher Eläolithsyenite, fehlen aber — soweit meine Kenntniss reicht — den Leucititen. Leucitbasalten und verwandten Gesteinen in sehr bezeichnender Weise.

Nach den Analysen von P. Mann und A. Merian enthalten diese Aegirin-Augite neben den Diopsid-, Hedenbergit- und Augitmolekülen beträchtliche Mengen von Alkalien, z. Th. in der Form des Aegirinmoleküls, z. Th., wie es scheint, in anderer Bindung.

Sie umwachsen ebenso wie der Aegirin normale Augitkerne und gehen nach aussen, wie die abnehmende Auslöschungsschiefe darthut, bisweilen geradezu in Aegirin über.

Der Auslöschungsschiefe nach kann man, wie besonders Brögger und Wülfing hervorheben, hiernach eine Reihe vom Diopsid mit c : c = 37° durch die basaltischen Augite mit c : c = 54° und die Aegirin-Augite mit c : c = 60° bis zum Aegirin mit c : c = 94° aufstellen.

Anhang. Mehr von ethnographischem, als von petrographischem Interesse ist der Jadeït, der von Damour als selbständige Mineralart aufgestellt wurde. Derselbe bildet stenglig-fasrige Aggregate, an denen eine prismatische Spaltbarkeit wahrnehmbar ist. Der Spaltwinkel wird von verschiedenen Autoren* zu 85° 20′ bis

* A. Damour, Nouvelles analyses sur la jadeïte et sur quelques roches sodifères. Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 157. — H. Fischer, Mikroskopisch-mineralogische Miscellen. Z. X. 1880. IV. 371. — J. A. Krenner, Ueber Jadeït. L. J. 1883. II. 173. — A. Arzruni, Neue Beobachtungen am Nephrit und Jadeït. Zeitschr. f. Ethnologie. Berlin. 1883. 184.

89° 25′, also annähernd übereinstimmend mit dem Pyroxenprisma angegeben; doch betont Arzruni die Ungleichwerthigkeit der Spaltflächen und die in Querschnitten zu ihnen unsymmetrische Lage der Auslöschungsrichtungen und stellt deshalb den Jadeït in das trikline Krystallsystem, während Krenner für denselben die monokline Krystallisation angiebt. Cohen* wies denselben in einem südafrikanischen Eklogit nach. — F. W. Clarke und G. P. Merrill** analysirten und beschrieben amerikanische Vorkommnisse.

Der Jadeït ist farblos oder doch nahezu farblos mit einem Stich ins Grünliche oder Blaugrünliche. Die Doppelbrechung ist gross, nach Michel-Lévy und Lacroix $\gamma - \alpha = 0.029$, daher lebhafte Interferenzfarben. Die Axenebene liegt in der Symmetrieebene, senkrecht zu welcher nach Des Cloizeaux eine schlechte Spaltbarkeit vorhanden ist; die Auslöschungsschiefe ist gross 31°—45°, der Charakter der Doppelbrechung positiv nach Krenner, welcher für gelb $2H_a = 82° 48'$ fand. Auf der Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (100) tritt eine Axe mit schönfarbigen Ringen aus. Dispersion schwach $\varrho < v$. Die optische Orientirung ist darnach analog derjenigen des Diopsid und beweist entschieden die hohe Bedeutung des Fe-Gehaltes für die Lage der optischen Constanten.

H. = 7—7.5. — Sp. G. = 3.2—3.4. Chem. Zusammensetzung wesentlich $NaAlSi_2O_6$, also ein Akmit, in welchem das Eisenoxyd durch Thonerde vertreten wird. Unschwer schmelzbar mit starker Na-Färbung der Flamme. — Paramorphe Umlagerung in Amphibol wurde von Arzruni beobachtet. — Nahe verwandt scheint der Chloromelanit, in welchem die häufigeren Pyroxenmoleküle in stärkerer Beimengung auftreten.

Das Spodumen oder Triphan ($LiAlSi_2O_6$) hat neben der Spaltbarkeit nach ∞P (110) mit 87° einen sehr deutlichen Blätterdurchgang nach $\infty P\bar{\infty}$ (100), einen unvollkommenen nach $\infty P\bar{\infty}$ (010). Formen, Zwillingsbildung und optische Orientirung sind wie in der Diopsidreihe. Erscheint selten accessorisch in Granit und krystallinen Schiefern. Ueber die Umbildung der Vorkommnisse dieses Minerals von Norwich in Albit, Mikroklin, Muscovit und Lithiumnephelin vergl. G. J. Brush und E. S. Dana, Amer. Journ. 1880. Octob. XX. No. 118. S. 257. Ein fasriges Umwandlungsproduct desselben, der Kymatolith, hat die chemische Zusammensetzung des Jadeït.

* L. J. 1879. 864.

** Procced. U. S. National Museum. 1888. XI. 115.

Låvenit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 339—350.

F. F. Graeff, Mineral.-petrogr. Untersuchungen von Eläolithsyeniten von der Serra de Tinguá. L. J. 1887. II. 245. Cf. auch L. J. 1887. I. 201.

Der von Brögger entdeckte und beschriebene Låvenit bildet nach ∞P (110) prismatische, selten nach ∞P∞ (100) tafelartige Krystalle (Fig. 170 u. 171). Auf ein Axensystem a : b : c = 1.0963 : 1 : 0.71509, $\beta = 69^0\ 42'\ 30''$ bezogen sind die in der Prismenzone herrschenden Flächen ∞P mit $110 : 1\bar{1}0 = 88^0\ 24'$, ∞P∞ (100); stets untergeordnet sind abgeleitete Prismen ∞P2 (210), ∞P3 (310) und das

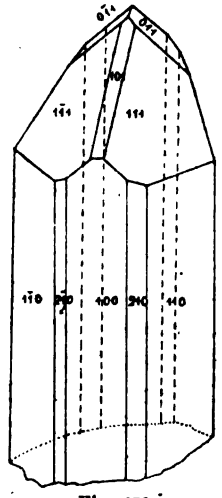


Fig. 170.

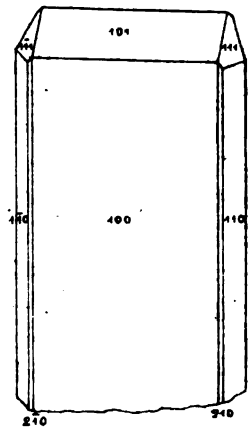


Fig. 171.

oft ganz fehlende Klinopinakoid (010). Am Pol der Vertikalaxe herrscht —P (111 : $1\bar{1}1 = 127^0\ 50'$) mit schmaler Abstumpfung durch —P∞ (101), oder bei tafelartigem Habitus (101) mit kleinen Pyramidenflächen. Der Winkel des Klinodomas P∞ (011 : $0\bar{1}1$) ist $112^0\ 18'$. — Zwillingsbildung nach (100) ist häufig bei mikroskopischer Beobachtung im polarisirten Lichte wahrnehmbar, zeigt sich dann auch gern in lamellarer Wiederholung. Nach Brögger sind die Krystalle vom Langesund stets aufgewachsen gewesen; die gesteinsbildenden Låvenite sind schwebend gebildet, aber nicht selten ohne deutliche Krystallbegrenzung in rundlichen bis eiförmigen Körnern.

H. = 6. — Eine gute Spaltbarkeit nach ∞P∞ (100) giebt sich auch im Dünnschliff wohl zu erkennen; daneben sind unregelmässige Sprünge oft vorhanden.

Bei hohem Glasglanz sind die Låvenite bald hellgelb bis fast farblos, bald dunkelrothbraun bis schwarzbraun im auffallenden Lichte. Diese letzte Art ist ärmer an Ca und Na, reicher an Mn. Die kleinen Individuen in den Gesteinen sind honiggelb bis braun. — Die Ebene der optischen Axe fällt mit der Symmetrieebene zusammen; die optische Orientirung giebt Fig. 172. Es ist darnach b = b, a : c = 20° etwa im spitzen Winkel β, c : a = 40° 18′ im stumpfen $\sphericalangle\beta$. — Lichtbrechung und Doppelbrechung sind hoch. Brögger berechnete aus $2H_a = 90° 16'$, $2H_o = 116° 7'$ und n für das angewandte Mohnöl = 1.4118 die Werthe $2V_a = 79° 46'$ und $\beta = 1.750$ für Na-Licht. Dem entspricht das Epidot-ähnliche Relief. Die Doppelbrechung ist wohl noch etwas stärker als bei Olivin. Die auf der Basis austretende Bissectrix ist die spitze, darnach der Charakter negativ. Die Dispersion ist nicht sicher bestimmbar. Spaltblättchen nach (100) aus isolirtem Material geben den Austritt einer Axe mit mehreren Axenringen.

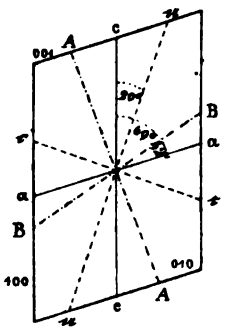


Fig. 172.

Die gesteinsbildenden dunkleren Låvenite sind stark pleochroitisch mit a hellweingelb, b gelblich mit deutlichem Stich ins Grüne, c tief orangeroth bis braungelb oder rothbraun. Mit Abnahme der Eigenfarbe wird der Pleochroismus schwächer bis fast zum Verschwinden. Die Absorption ist c > b > a.

Sp. G. = 3.51—3.547. — Brögger stellt den Låvenit in die Pyroxenfamilie, der er krystallographisch und optisch sehr nahe steht. Die chemische Zusammensetzung ist nach den Analysen Cleve's $SiO_2 = 30.28$, $TiO_2 = 2.08$, $ZrO_2 = 30.00$, $Nb_2O_5 = 4.29$, $Fe_2O_3 = 0.81$, $FeO = 3.14$, $MnO = 7.57$, $CaO = 7.19$, $Na_2O = 11.66$, $H_2O = 0.67$, $Fl = 3.97$. Summa 101.66 — O = 1.66 = Summa 100.00. — HCl greift den Låvenit im Dünnschliff selbst bei Erwärmung nicht an, zersetzt ihn aber nach Cleve unvollständig in Pulver; er schmilzt leicht zu brauner Schlacke.

Der gesteinsbildende Låvenit pflegt absolut frisch zu sein. — Von Brögger am Langesund entdeckt, wurde er von Graeff in brasilianischen, von Gürich (Z. D. G. G. 1887. XXXIX. 101) in afrika-

nischen Eläolithsyeniten (von den Los-Inseln und von Tumbo) aufgefunden. Man begegnet ihm vielfach auch in anderen Vorkommnissen dieser Gesteinsfamilie, in den Tinguáiten, in Akmittrachyten und Phonolithen, sowie in den Sanidiniten von San Miguel nach A. Osann (L. J. 1888. I. 124). In den Tiefengesteinen wird er gern von Fluorit, allgemein auch von Mosandrit, Rinkit und Rosenbuschit begleitet.

Wöhlerit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 351—366.

Der Wöhlerit bildet dicktafelförmige Individuen nach $\infty P\bar{\infty}$(100), ein wenig länger nach der Vertikalen, als nach der Symmetrie-Axe. In der Prismenzone (Fig. 173) pflegt er flächenreicher zu sein, als in der orthodiagonalen, die herrschenden Formen sind $\infty P\bar{\infty}$ (100), ∞P (110), $\infty P\bar{\infty}$ (010), neben denen abgeleitete Ortho- und Klinoprismen häufig sind, oP (001), $P\bar{\infty}$ ($\bar{1}01$), $P\bar{\infty}$ (011) und die Grundpyramide. Die wichtigsten Winkel sind $110 : 1\bar{1}0 = 90^\circ 12'$, $001 : 100 = 108^\circ 57'$, $001 : 011 = 146^\circ 45'$, $001 : 10\bar{1} = 140^\circ 51'$, $10\bar{1} : 100 = 110^\circ 12'$. Die Formen beziehen sich auf ein Axensystem $a : b : c = 1.0536 : 1 : 0.70878$ $\beta = 71^\circ 3'$ von pyroxenischem Charakter. — Die Krystalle sind fast durchweg Zwillinge mit oft vielfach lamellarer Wiederholung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100). Sie sinken recht selten zu rein mikroskopischen Dimensionen herab.

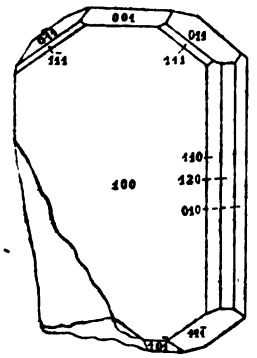


Fig. 173.

Der Wöhlerit ist äusserst spröde, wenig gut spaltbar nach $\infty P\bar{\infty}$(010) und hat splittrigen bis klein muschligen Bruch. H. = 5—6.

Bei lebhaftem Glasglanz auf Krystallflächen, harzigem Glanz auf Bruchflächen hat er honiggelbe, wachsgelbe, schwefelgelbe oder weingelbe, selten bräunlichgelbe Farbe; ebenso selten ist er fast farblos. Bei hinreichender Dünne ist er farblos im durchfallenden Lichte oder hellweingelb. Das Relief ist olivinartig und die Interferenzfarben sind lebhaft. Die Axenebene liegt normalsymmetrisch im Sinne eines negativen Orthodoma (Fig. 174), $b = a$, die spitze Bissectrix c bildet im spitzen $\measuredangle \beta$ mit der Vertikalaxe $43\frac{1}{4}^\circ$ nach Brögger, 45° nach Des Cloizeaux. Die Dispersion ist schwach

$\varrho < v$ und deutlich horizontal um die spitze positive, gekreuzt um die stumpfe negative Bissectrix. Der Winkel 2V schwankt etwas, so fand Des Cloizeaux für rothe Strahlen $2V = 76^0 10'$, $71^0 56'$, $71^0 26'$ mit $\beta = 1.67, 1.69, 1.72$, für blaue Strahlen $2V = 77^0 2'$, $72^0 18'$, $72^0 1'$ mit $\beta = 1.69, 1.71, 1.74$, Brögger bestimmte mit $2H_a = 91^0 18'$ und $2H_o = 121^0 42'$, $2V_a = 78^0 37'$ für Na-Licht. Nach Michel-Lévy und Lacroix ist $\alpha = 1.700$, $\beta = 1.716$, $\gamma = 1.726$, darnach $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.714$, $\gamma - \alpha = 0.026$, $\gamma - \beta = 0.010$, $\beta - \alpha = 0.016$. — Das Schema giebt Fig. 174.

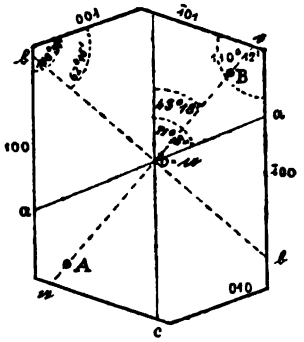


Fig. 174.

Der Pleochroismus ist schwach, in ganz dünnen Schliffen kaum erkennbar, c weingelb, b = a farblos bis weisslichgelb. Daher sind Dünnschliffe nach der Symmetrie-Ebene unpleochroitisch. Diese zeigen aber am schönsten die plagioklasähnliche Zwillingslamellirung.

Sp. G. = 3.41—3.442. — Nach einer Analyse Cleve's besteht Wöhlerit aus $30SiO_2$, $0.42TiO_2$, $16.11ZrO_2$, $12.85Nb_2O_5$, 0.66 Ceritoxyden, $0.48Fe_2O_3$, $1.26FeO$, $1.00MnO$, $0.12MgO$, $26.95CaO$, $7.50Na_2O$, $0.74H_2O$, 2.98 Fl. Sa. = 101.19 nach Abzug von $1.24O = 99.95$. — Etwas concentrirte Salzsäure schliesst den Wöhlerit leicht in der Wärme auf; er schmilzt nicht gerade leicht zu gelblichem Glase.

Der Wöhlerit ist bisher nur in den pegmatitischen Gängen und spärlich im normalen Augitsyenit des Langesund nachgewiesen worden.

Gruppe der monoklinen Amphibole.

Literatur.

Ch. Barrois, Mémoire sur les schistes métamorphiques de l'île de Groix (Morbihan). Ann. Soc. géol. du Nord. Lille. 1883. XI. 18—71. cf. auch Bull. Soc. min. Fr. 1883. VI. 289 und C. R. 1883. XCVII. 1446.

C. Bodewig, Ueber den Glaukophan von Zermatt. Pogg. Ann. 1876. CXLVIII. 224.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 398—422.

A. von Lasaulx, Ueber das Vorkommen und die mineralogische Zusammensetzung eines neuen Glaukophangesteins von der Insel Groix. Sitzungsber. niederrhein. Ges. in Bonn. 1884. (3.) XII.

A. Michel-Lévy, De l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle pour

l'étude des plaques minces de roches éruptives. Ann. Min. Paris. 1877. (7.) XII. 429—434.

A. Sauer, Ueber Riebeckit, ein neues Glied der Hornblendegruppe. Z. D. G. G. 1888. XL. 138—146.

J. Strüver, Ueber Gastaldit, ein neues Mineral. Atti R. Accad. Lincei. Roma. (2.) XII.

G. Tschermak, Ueber Pyroxen und Amphibol. T. M. M. 1871. 17.

— Mikroskopische Unterscheidung der Mineralien aus der Augit-, Amphibol- und Biotitgruppe. S. W. A. 1. Abthlg. 1869. LIX. Mai.

Nächst den monoklinen Pyroxenen sind unter den dunkelgefärbten eisenhaltigen Silikaten die monoklinen Amphibole die in den Gesteinen verbreitetsten und wichtigsten Gemengtheile. Die Formen derselben sind hier bezogen auf ein Axensystem $\dot{a} : \bar{b} : c = 0.5318 : 1 : 0.2936$, $\beta = 75^0\,2'$. Die gesteinsbildenden Amphibole zeigen sehr geringen Formenreichthum; bei stets prismatischem Habitus werden die rundum ausgebildeten Krystalle begrenzt von

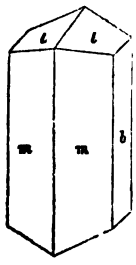


Fig. 175.

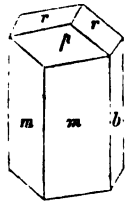


Fig. 176.

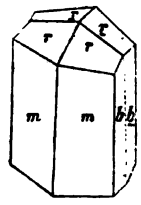


Fig. 177.

$m = \infty P$ (110) mit annähernd $124^0\,30'$, $b = \infty P\bar{\infty}$ (010), selten $a = \infty P\bar{\infty}$ (100) in der Prismenzone; terminal erscheinen bei der gemeinen Hornblende (Fig. 175) vorherrschend $l = P\bar{\infty}$ (011) mit $148^0\,16'$, gelegentlich mit $p = oP$ (001), bei der basaltischen (Fig. 176) $r = P$ ($\bar{1}11$) mit $148^0\,30'$ und p. Die terminalen Flächen fehlen in der Aktinolithreihe und bei der gemeinen Hornblende meistens und die Krystalle werden zackig und unregelmässig oder fasern sich aus, während die basaltische Hornblende vorwiegend in schwebend gebildeten Formen erscheint. Darnach sind die Querschnitte spitzrhombisch mit schmaler Abstumpfung des spitzen Winkels, seltener mit Abstumpfung des spitzen und stumpfen Winkels. Die Längsschnitte parallel $\infty P\bar{\infty}$ (100) leistenförmig mit einem stumpfen Kantenpaar oben und unten, oder zackig endend, die Schnitte nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) ebenfalls leistenförmig mit schiefer Endkante oder einer stumpfen, unsymmetrischen Zuschärfung, beziehungsweise zackiger

Endigung. Durch den Mangel der krystallographischen Begrenzung in der Prismenzone entstehen Stengel, die durch starke Kürzung, doch im Ganzen selten, zu Körnern werden.

Zwillingsbildungen nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) sind häufig (Fig. 177); die Zwillingsebene ist zugleich Verwachsungsebene und geht meistens sehr regelmässig mitten durch den Krystall, so dass einspringende Winkel nicht sichtbar werden und die Begrenzungslinien bei der Seltenheit terminaler Flächen keine Andeutung von dem Zwillingsbau geben. Auch bei Amphibol sind, wie bei den Pyroxenen, zwischen zwei grösseren Zwillingshälften gelegentlich eine oder mehrere schmale Zwillingslamellen eingeschaltet (Taf. XX Fig. 1). —

Ein Hinabsinken auf Mikrolithendimensionen ist anscheinend seltener als bei den Pyroxenen; dieselben haben dann die Form dünner Nädelchen, seltener diejenige von Blättchen und treten als Einschlüsse in associirten Mineralien, zumal gern in der Formation der krystallinen und phyllitischen Schiefer oder als Umwandlungsproducte (Uralit, Pilit) auf. — Wachsthumsformen, wie sie die Pyroxene in grosser Mannichfaltigkeit beobachten lassen, sind an den Amphibolen wohl kaum je wahrgenommen. — Schaliger Bau oder Zonarstructur durch isomorphe Schichtung ist nicht selten und folgt dem Prisma (Taf. XX Fig. 2). — Chemische Corrosionen sind wohl auf die Amphibole der Eruptivgesteine beschränkt; mechanische Deformationen (Biegungen, Zerbrechungen u. s. w.) finden sich in massigen und schichtigen Gesteinen.

Alle Amphibole besitzen und sind in hohem Grade charakterisirt durch eine vollkommene Spaltbarkeit nach dem Prisma, die sich im Dünnschliff durch meistens dicht gedrängte und scharfe Kluftsysteme kundgiebt. Demnach hat man in Schnitten senkrecht zu der vertikalen Axe zwei sich unter 124°—125° schneidende Systeme gleichwerthiger Spaltrisse (Taf. IX Fig. 6), in allen Schnitten aus der Prismenzone nur parallele Risse, deren Ränder um so schärfer sind, je näher senkrecht der Schnitt zu der zugehörigen Spaltfläche liegt; in allen andern Durchschnitten geben die Spaltrisse rhombische Figuren, deren Winkel mit der Schnittlage wechseln. J. Thoulet* hat diese Winkel für die Schnitte der Zonen $oP : \infty P\bar{\infty}$ (001 : 100) und $oP : \infty P\check{\infty}$ (001 : 010) berechnet; die Messungen sind nur mit annähernder Genauigkeit auszuführen und

* J. Thoulet, Variations des angles plans des clivages sur les faces des principales zones dans le pyroxène, l'amphibole, l'orthose et les feldspaths tricliniques. Ann. Min. 1878. (7.) XIV. 3—23.

haben gerade in den Hauptzonen nur geringe praktische Bedeutung. Wichtig werden sie hie und da für die Deutung der Zwillingsbildungen in Schnitten, die zu allen Axen endlich liegen. — Bei einigen Amphibolen finden sich auch Andeutungen einer Theilbarkeit nach der Symmetrie-Ebene, diese kann ziemlich vollkommen werden in den alkalireichen Gliedern der Reihe.

Cross* beobachtete an dem Aktinolith bretonischer Strahlsteinschiefer und der grünen gemeinen Hornblende eines Diorits von St. Brieuc eine deutliche Absonderung nach P$\breve{\infty}$ (I01). — G. H. Williams** erkannte dieselbe gleichfalls an dunkelbraunem Amphibol von Pierrepoint, bezog sie aber, ohne genauere Messungen anzustellen, auf oP (001) und war geneigt, in einer Zwillingsbildung nach dieser Fläche die Ursache der Theilbarkeit zu sehen. — O. Mügge*** studirte diese Absonderung genauer an grüner Hornblende aus Arendaler Amphibolit, bestimmte durch Messungen ihre Coincidenz mit der Fläche P$\breve{\infty}$ (I01), dachte gleichfalls an damit verbundene Zwillingsbildung und glaubte deren Ursache im Gebirgsdruck zu finden, zumal dieser sich auch unverkennbar an dem die Hornblende begleitenden Glimmer und Granat kundgab. Er parallelisirte diese Absonderung mit derjenigen nach oP (001) am Diopsid und wies mit Recht auf die Zweckmässigkeit der Vertauschung von hinten und vorn am Amphibol hin, um diesen mit den Pyroxenen analog aufzustellen. — G. H. Williams† nahm später seine Beobachtungen an den Amphibolen aus den körnigen Kalken des Gneiss von St. Lawrence Co., N. Y., wieder auf, constatirte nun durch Messungen, dass hier ebenso wie bei Arendal und in der Bretagne die Absonderungsfläche als P$\breve{\infty}$ (I01) aufzufassen sei, sowie dass eine sehr durchgreifende Zwillingslamellirung sich damit verknüpfe. Er schloss sich der Auffassung Mügge's an, wonach hier P$\breve{\infty}$, ebenso wie oP bei Pyroxenen und $-\frac{1}{2}$R bei Calcit als Gleitfläche fungire. Auf dieser konnte nicht selten Calcit in dünnen Häutchen sowie Glimmerblättchen wahrgenommen werden. Wegen der Gleichwerthigkeit von oP am Diopsid und P$\breve{\infty}$ am Amphibol als Structurflächen plaidirt er für die Deutung der letzteren als oP auch am Amphibol, indem er sich ferner auf die hierdurch

* Ch. W. Cross, Studien über bretonische Gesteine. T. M. P. M. 1881. III. 386. 400.

** Amer. Journ. 1885. XXIX. 486.

*** L. J. 1889. I. 239.

† Amer. Journ. 1890. XXXIX. 352.

zu erzielende Analogie in der Lage der optischen Constanten und ganz besonders auf die Parallelverwachsungen dieser beiden Mineralarten beruft, bei denen P∞ des Amphibol nach derselben Seite liegt, wie oP des Pyroxen.

Die gesteinsbildenden monoklinen Amphibole werden, von dem farblosen Tremolit und einigen alkalireichen Amphibolen abgesehen, mit grünen oder braunen Farben durchsichtig und zwar herrschen die grünen Farben fast ausschliesslich bei Aktinolith, sehr allgemein bei der gemeinen, die braunen bei der basaltischen Hornblende. Die letztere ist in selteneren Fällen auch roth durchsichtig, z. Th. wenigstens in Folge secundärer Erhitzung. Brechungsvermögen und Doppelbrechung und damit Relief und Interferenzfarben sind hoch, aber doch anscheinend stets kleiner, als in der entsprechenden Pyroxenart. Die optischen Axen liegen stets in der Symmetrieebene; ihr Winkel schwankt beträchtlich. Der Charakter der Doppelbrechung ist meistens negativ, seltener positiv. Die Axe kleinster Elasticität liegt in der Regel im spitzen Axenwinkel β und ist im Allgemeinen wenig gegen die Vertikalaxe geneigt; doch schwankt die Auslöschungsschiefe von 0° bis 20°, ja sie geht in Ausnahmefällen noch über diesen Werth hinaus. Die Relation zwischen der optischen Orientirung und der chemischen Zusammensetzung ist noch nicht aufgeklärt; Tschermak weist darauf hin, dass auch hier, wie bei den Pyroxenen, der positive Winkel der optischen Axen mit dem Eisengehalt wachse, wenngleich die Relation nicht eine so einfache zu sein scheine. Wiik bringt die Auslöschungsschiefe in Beziehung zum Thonerdegehalt; es scheint jedoch, dass die gemeinen Amphibole sich nicht mit den basaltischen und den alkalireichen direct vergleichen lassen. Wie gross die Unterschiede sind, zeigen die mehr oder weniger vollkommen optisch durchbestimmten, im Folgenden tabellarisch zusammengestellten Vorkommnisse:

	α	β	γ	c : c	Axenwinkel	Char.
Tremolit v. Skutterud	1.6065	1.6233	1.6340	16°	$2V_{na} = 81°22'$	— Penfield (Na)
Tremolit vom St. Gotthard	1.609	1.623	1.635	15°		— M.-Lévy u. Lacroix
Tremolit vom St. Gotthard		1.622		15°	$2V_{na} = 88°16'$	— Des Cloizeaux
Aktinolith vom St. Gotthard		1.629		15°	$2V_{na} = 80°\ 4'$	— „ „
Aktinolith vom Zillerthal	1.611	1.627	1.636	15°		— M.-Lévy u. Lacroix

	α	β	γ	c : c	Axenwinkel	Char.
Gem.Hornblende von Kragerö	1.630	1.642	1.653		$2V = 84°$	— M.-Lévy u. Lacroix
Bas. Hornblende von Czernosin		1.710		1°40′	$2V = 79°24'$	— Haidinger
Bas. Hornblende von Bilin (?)				1—2°	$2H = 92°37'$	— Des Cloizeaux
Bas. Hornblende von Böhmen	1.680	1.725	1.752	0°—10°	$2V = 80°$	— M.-Lévy u. Lacroix
Barkevikitische Hornblende v. Langesund*	1.687	1.707	1.708	0—12°		— „ „ „
Glaukophan von Zermatt				4°16′	$2E_{na} = 85°35'$	— Bodewig
Glaukophan von Ile de Groix				4°	$2V_{li} = 44°$	— v. Lasaulx
Gastaldit v. Aosta	1.6396	1.6563		6°	$2V_{na} = 43°58'$	—
Pargasit v. Pargas		1.64		18°	$2V = 59°$	+ Tschermak
„ „ „	1.613	1.620	1.632	18°-21°	$2V = 58°$-$60°$	+ M.-Lévy u. Lacroix
Gem.Hornblende v. Volpersdorf		1.642 (roth)		19°53′	$2V = 85°$	+ Tschermak
Bas. Hornblende v. Aranyer Berg				37°12′	$2H_{na} = 51°18'$	+ Franzenau

Darnach ist für

	$\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
Tremolit	$= 1.621$	$= 0.027$	$= 0.012$	$= 0.015$
Aktinolith	$= 1.625$	$= 0.025$	$= 0.009$	$= 0.016$
Gemeine Hornblende	$= 1.642$	$= 0.023$	$= 0.011$	$= 0.012$
Basaltische Hornblende	$= 1.719$	$= 0.072$	$= 0.027$	$= 0.045$
Barkevikitische Hornblende	$= 1.701$	$= 0.021$	$= 0.001$	$= 0.020$
Gastaldit	$= 1.656$	—	—	$= 0.017$
Pargasit	$= 1.622$	$= 0.019$	$= 0.012$	$= 0.007$

Für Glaukophan der Ile de Groix fanden Michel-Lévy und Lacroix** $\gamma - \alpha = 0.022$. — Die Doppelbrechung der basaltischen Hornblende, wie oben angegeben, dürfte ein Ausnahmefall sein; im Allgemeinen dürfte sie etwa die Hälfte oder wenig mehr betragen. — Die Dispersion ist bei den monoklinen Amphibolen $\varrho < v$.

Die mittlere Elasticitätsaxe fällt mit der Symmetrieaxe zusammen, die Axe kleinster Elasticität liegt bei der Mehrzahl der Amphibole, wie erwähnt, im spitzen Winkel β mit wechselnder

* Michel-Lévy und Lacroix bezeichnen dieses Vorkommniss als Arfvedsonit, was nach den für den Pleochroismus gegebenen Daten nicht wohl möglich ist. Der untersuchte Krystall dürfte den Barkevikiten Brögger's nahestehen oder damit identisch sein.

** Bull. Soc. min. Fr. 1884. VII. 44.

Neigung zur Prismenaxe. Die grössten Auslöschungsschiefen finden sich bei der gemeinen Hornblende, doch gehören auch hier Werthe, die über 20° hinausgehen, zu den selteneren. Als Regel kann man annehmen, dass der Winkel c : c bei dem Aktinolith und der gemeinen Hornblende 15°—18°, bei den Glaukophanen 4°—6°, bei den basaltischen Hornblenden 0°—10° beträgt. Fig. 178 giebt die Orientirung der Elasticitäts- und optischen Axen bei Aktinolith und normaler gemeiner Hornblende auf dem Klinopinakoid. Alle Schnitte aus der Zone oP : ∞P∞ (001 : 100) verhalten sich zwischen gekreuzten Nicols im parallelen Lichte wie Schnitte aus einer Hauptzone eines rhombischen Minerals. Die Spaltrisse bilden Rhomben, deren stumpfer Winkel von 122° 30′ auf oP anfangs bis 124° 30′

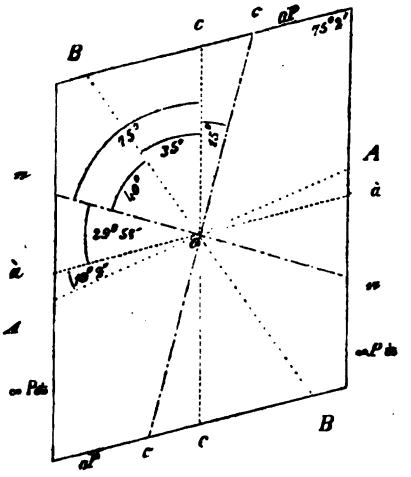


Fig. 178.

(beziehungsweise den Prismenwinkel der betreffenden Amphibolarten) wächst, dann bis 0° abnimmt, während der spitze Winkel von 57° 30′ anfangs bis 55° 30′ abnimmt, dann bis 180° wächst. Die Auslöschungen liegen diagonal gegen die Spaltrisse, so lange diese sich schneiden, parallel und senkrecht zu denselben, wenn diese unter sich parallel sind. — In der Zone ∞P∞ : ∞P∞ (100 : 010) stehen die Spaltrisse stets parallel zu einander; die Auslöschungsschiefe, gegen diese gemessen, wächst von 0° auf ∞P∞ (100) bis zum Maximum des Winkels c : c (0° bis 20°, selten mehr) auf dem Klinopinakoid. Ist der Winkel c : c = 0°, so ist auch in dieser Zone anscheinend rhombisches Verhalten vorhanden. — In der Zone

oP : $\infty P\bar{\infty}$ (001 : 010) nimmt der spitze Winkel der Spaltrisse von 57° 30′ auf oP (001) bis 0° in $\infty P\bar{\infty}$ (110) ab, während der stumpfe Winkel der Spaltrisse von 122° 30′ auf oP bis 180° auf $\infty P\bar{\infty}$ wächst. Die Auslöschungen liegen diagonal im Schnitt nach oP. unsymmetrisch in allen andern Schnitten und werden um so schiefer gegen die Diagonale der Spaltbarkeit, je mehr der Schnitt sich dem Klinopinakoid nähert, bis in dem Schnitt nach dieser Fläche die Maximalschiefe gegen die Kante von oP (Diagonale der Spaltrisse) erreicht ist.

Bei der grossen Schwierigkeit, Präparate aus Amphibolen nach der Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (010) herzustellen, muss man die Auslöschungsschiefe zumeist an Spaltblättchen nach ∞P (110) bestimmen; der hier gefundene Werth ist etwas zu klein.

Alle Schnitte der orthodiagonalen Zone zeigen im convergenten Lichte Axen- oder Bissectricenaustritt; die Interferenzbilder sind im Allgemeinen nicht so lebhaft gefärbt und von so vielen Ringen umgeben, wie bei den Pyroxenen und die Axenebene, welche durch die gestreckten Axenbalken gegeben wird, halbirt das Gesichtsfeld und die Spaltrisse symmetrisch, so lange diese sich schneiden, geht ihnen parallel auf Schnitten nach $\infty P\bar{\infty}$ (100). Die Dispersion ist deutlich an der Hyperbel der auf $\infty P\bar{\infty}$ (100) austretenden, kaum oder gar nicht zu beobachten an der auf oP (001) austretenden Axe. — Spaltblättchen nach dem Prisma geben randlichen, nicht auf der Mittellinie des Gesichtsfeldes liegenden Axenaustritt.

Das Verhalten der Schnitte nach den drei Hauptzonen in den Zwillingen nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) ist ein verschiedenes je nach dem Werth des Winkels c : c im speciell vorliegenden Fall. Da die beiden Individuen das Prisma gemein haben, so müssen Schnitte aus der Zone oP : $\infty P\bar{\infty}$ (001 : 100) sich nach Spaltbarkeit und Auslöschung wie einfache Individuen verhalten. Man wird den Zwilling an der verschiedenen Färbung bei Hellstellung und gegebenen Falls im convergenten Licht an dem Austritt zweier nicht conjungirter Axen erkennen können. — In Schnitten aus der Zone $\infty P\bar{\infty}$: $\infty P\bar{\infty}$ (100 : 010) werden die Zwillingshälften stets symmetrisch zur Zwillingsnaht das Licht auslöschen und die Neigung der Auslöschungsrichtungen beider Individuen nimmt von $2 \times (c : c)^0$ in $\infty P\bar{\infty}$ (010) bis 0° in $\infty P\bar{\infty}$ (100) ab. — In Schnitten der Zone oP : $\infty P\bar{\infty}$ (001 : 010) würde, da der $\measuredangle \beta = 75°$ und die Zwillingsaxe senkrecht zu c, sobald die Auslöschungsschiefe = 15° ist, in dem zweiten Individuum die Axe grösster Elasticität Zonenaxe sein.

Dieses zweite Individuum würde also stets parallel zur Diagonale der Spaltbarkeit auslöschen, während das erste sich verhielte, wie bei Betrachtung der einfachen Krystalle abgeleitet wurde. Wäre dagegen, wie bei manchen basaltischen Hornblenden $c : c = 0^0$, so fiele die Zwillingsaxe mit a zusammen und die beiden Individuen würden stets gleichzeitig auslöschen, wie ein einfaches Individuum. Bei allen anderen Werthen von c : c zeigen die Zwillingshälften verschiedene und zur Spaltungsdiagonale unsymmetrische Auslöschung. — Während die Zwillingsnaht in den Schnitten der drei Hauptzonen parallel zur Spaltung oder diagonal zu beiden Spaltungen liegt, kann in schiefen Schnitten die Zwillingsgrenze schief zur Spaltbarkeit liegen*.

Alle Amphibole, welche nicht farblos sind, besitzen einen deutlichen, mit der Tiefe der Färbung rasch zunehmenden und besonders bei den braunen Arten überaus kräftigen Pleochroismus. Die Farben sind sehr verschieden bei den einzelnen Arten und mögen gelegentlich der Besprechung dieser mitgetheilt werden. Oertlich stärkerer Pleochroismus ist bald durch zonar wechselnde Färbung, bald durch Pigmente bedingt, die zumal in der unmittelbaren Umgebung von Einschlüssen sich concentrirten. — Bei schwach grün gefärbten und wenig pleochroitischen Amphibolen erhält man durch geeignetes Glühen auf Platinblech oft eine intensiv rothe Färbung mit sehr ausgesprochenem Pleochroismus. — Die Absorptionsunterschiede der nach den drei Hauptschwingungsrichtungen oscillirenden Strahlen sind gewöhnlich sehr deutlich; am schwächsten ist die Absorption für die nach der negativen Bissectrix, am stärksten für die nach der positiven Bissectrix schwingenden Strahlen; die Absorption der nach der Symmetrieaxe oscillirenden Strahlen kann sehr gross werden. Darnach hat man als allgemein gültig das Absorptionsschema $c \geqslant b > a$, sehr selten $b > c > a$.

Das specifische Gewicht der Amphibole ist stets entsprechend niedriger, als dasjenige der chemisch ähnlichsten Pyroxene, vielleicht mit Ausnahme einiger Alkali-Eisenoxyd-reichen Glieder, die in beiden Reihen nahezu die gleiche Dichte besitzen. Am leichtesten sind die thonerdefreien Amphibole (sp. G. = 2.9—3.16) und die Glieder der Glaukophanreihe (3.05—3.15); die eigentlichen Hornblenden haben 3.15—3.33 und die Dichte wächst mit dem Eisengehalt. Der Arfvedsonit erreicht das sp. G. von 3.44. Man kann

* cf. Fr. Becke in T. M. P. M. 1885. VII. 98—107.

sich dieser geringeren Dichte oft mit Vortheil bei der mechanischen Trennung der Amphibole und Pyroxene bedienen. — Von einem Elektromagneten werden Amphibole im Allgemeinen stärker angezogen, als analog zusammengesetzte Pyroxene.

Die chemische Zusammensetzung der Amphibole ist bei weitem nicht so genau bekannt, wie diejenige der Pyroxene. Zumal nachdem die Analysen von Berwerth (Sitzungsber. Wien. Akad. 1885. [I.] 153—187) am Tremolit, Strahlstein, Arfvedsonit, Hornblende und Glaukophan, und von Sauer (Mittheil. Bad. geol. Landesanstalt. 1891. Bd. II. 252) einen Gehalt an chemisch gebundenem Wasser dargethan haben, wird man eine erneute Untersuchung vornehmen müssen. — Die thonerdefreien Glieder der Aktinolithreihe werden gewöhnlich als isomorphe Mischungen von $Mg_3 Ca Si_4 O_{12}$ und $Fe_3 Ca Si_4 O_{12}$ aufgefasst, wobei stets das Magnesia-Kalk-Molekül die Herrschaft hat. In den Riebeckiten liegt die dem Akmitmolekül der Pyroxene entsprechende Verbindung $Na \overset{III}{Fe} Si_4 O_{12}$ vor; in den Glaukophanen findet sich wesentlich das Jadeïtmolekül $Na Al Si_4 O_{12}$ mit wechselnden Mengen der Aktinolithverbindung. Wie der Thonerde- und Eisenoxydgehalt der eigentlichen und barkevikitischen Hornblenden aufzufassen sei, steht noch nicht fest; derselbe wird z. Th. als analog dem Molekül $(Mg Fe)(Al, Fe)_2 Si O_6$ der Pyroxene angesehen, während andere die Verbindung $R_2 O_3$ als isomorph mit $\overset{II}{R} Si O_3$ nehmen. R. Scharizer* hat versucht darzuthun, dass in den Hornblenden eine isomorphe Mischung des Aktinolithmoleküls mit einem Molekül $(\overset{I}{R}_2, \overset{II}{R})_3 (Al, Fe)_2 Si_3 O_{12}$, welches er nach Breithaupt als Syntagmatitmolekül bezeichnet, vorliege. In dem letzteren wäre nach seiner Auffassung das Verhältniss der Monoxyde stets $(Ca O + R_2 O) : (Mg O + Fe O + Mn O) = 3 : 4$. — Manche Analysen der gesteinsbildenden Hornblende geben einen Gehalt an $Ti O_2$** und Fluor. Untersuchungen an gesteinsbildenden Amphibolen liegen nur in beschränkter Anzahl vor, weisen aber vielfach auf einen recht basischen chemischen Charakter hin, zumal bei der basaltischen und barkevikitischen Hornblende.

Die künstliche Darstellung eines Amphibolminerals war bis-

* R. Scharizer, Die basaltische Hornblende von Jan Mayen nebst Bemerkungen über die Constitution der thonerdehaltenden Amphibole. L. J. 1884. II. 143—157.

** C. Schneider, Zur Kenntniss basaltischer Hornblenden. Z. X. 1891. XVIII. 579.

her immer ohne Erfolg versucht worden. Neuerdings macht K. von Chrustschoff aus Petersburg* die Mittheilung, dass er durch 3 Monate lange Erhitzung eines Gemisches einer etwa dreiprocentigen Lösung colloidaler Kieselsäure mit einer wässerigen Lösung von Thonerde, von Eisenoxydhydrat, Eisenoxydulhydrat, Kalkwasser, Magnesiahydrat (in Wasser suspendirt) und einigen Tropfen Natron-Kalilauge auf 550° C. im zugeschmolzenen Glaskölbchen Kryställchen von Hornblende erhalten habe, die bis zu 1 mm lang und 0.25 mm dick waren. Es werden goniometrische, optische und chemische Bestimmungen, sowie solche des sp. G. mitgetheilt, allerdings z. Th. ohne Angaben über die Art der Ausführung und die Mengen der benutzten Substanz. Die 0.91 % als Glühverlust gefundenes Wasser sind wohl ein Minimum und in Wirklichkeit jedenfalls höher; trotzdem blieben sie bei der Berechnung der Analyse unberücksichtigt. — Neben dem als Hornblende gedeuteten Producte hatten sich andere gebildet, welche als Pyroxen, Quarz, Adular und Analcim (?) aufgefasst werden.

Als zufällige Bildung in Schlacken wird Hornblende in älteren Mittheilungen bisweilen erwähnt; neuere Beobachtungen dieser Art scheinen nicht vorzuliegen.

Der Tremolit findet sich in stengligen und blättrigen Massen und Individuen eingewachsen in den körnigen Kalken der Formation der krystallinen Schiefer, in manchen Silikathornfelsen, und mit Olivin und seinen Umwandlungsproducten in gewissen Olivinfelsen und Serpentinen. Vorkommnisse der letzten Art beschrieb Fr. Becke** vom Latzenhof bei Felling und vom Klopfberg in Niederösterreich. Er wird hier als ein ursprünglicher Gemengtheil angesehen. In andern Serpentinen, welche aus Olivin- und Pyroxengesteinen hervorgegangen sind, scheint der Tremolit eine Neubildung zu sein. Die Amphibolspaltbarkeit und die starke Doppelbrechung in Verbindung mit seiner Farblosigkeit charakterisiren ihn gut. Neben der Spaltbarkeit ist eine Querabsonderung recht allgemein verbreitet. Die Individuen fasern sich oft recht zierlich aus und gehen in asbestartige Aggregate über. Zur Unterscheidung von Muscovit, Talk und Wollastonit, mit denen man das Mineral in gewissen Schnitten verwechseln könnte, bedient man sich mit Vortheil der Beobachtung im convergenten Licht. Bei Tremolit liegt die Axenebene parallel der Spaltbarkeit, bei den übrigen senkrecht zu dieser.

* L. J. 1891. II. 86.

** T. M. P. M. 1882. IV. 339. 342.

— Als randlicher Saum um Olivin erscheint Tremolit in manchen skandinavischen Olivindiabasen und Olivingabbros als Umwandlungsproduct. Seinerseits scheint der Tremolit sich mit Vorliebe in Talk umzuwandeln; dabei dringen die Talkblättchen von der Peripherie, den Querklüften und den Spaltrissen aus vor und verdrängen nach und nach die Tremolitsubstanz, welche in einem gewissen Stadium des Processes je nach der Lage des Schnitts in Form oblonger und spitzrhombischer Maschen in einem Netz von Talkblättchen liegt. Tschermak beschrieb diesen Vorgang bei Tremolit von der Koralpe*.

Der Aktinolith bildet ebenso wie der Tremolit prismatische Individuen oder stenglige und fasrige Aggregate, an denen niemals terminale Flächen auftreten. Er unterscheidet sich vom Tremolit durch seine mehr oder weniger grüne Farbe. Neben der Prismenspaltbarkeit macht sich bisweilen eine solche nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) bemerklich. Die Zerklüftung der Säulen senkrecht zur Axe ist allgemein verbreitet. Bei wenig tiefer Färbung und in dünnen Schliffen ist der Pleochroismus kaum bemerkbar; bei tieferer Farbe erkennt man deutlich die Absorption $c \geqslant b > a$, auch wenn alle Strahlen grün sind, oder es tritt in die nach b und a schwingenden Strahlen ein gelblicher Ton ein, während die Farbe parallel c rein grün ist. — Der Aktinolith pflegt, abgesehen von den mit ihm associirten Mineralien, ebenso wie der Tremolit, einschlussfrei zu sein. Die wahre Heimath des Aktinolith ist das Schiefergebirge; er bildet hier theils für sich allein, theils in Verbindung mit Pyroxenen oder Epidot oder Chlorit, dem sich neben Magnetit und Pyrit wohl auch Calcit oder Dolomit gern zugesellen, die wechselreiche Reihe der Aktinolithschiefer; mit reichlichem Quarz und Albit findet er sich in vielen Grünschiefern, accessorisch in Chlorit- und Talkschiefern. — Als secundärer Gemengtheil erscheint er in den Diabasen und Schalsteinen, sowie Gabbros, und ist hier ein Umwandlungsproduct der pyroxenischen Componenten, oder auch gelegentlich des Olivin. Seine Anwesenheit deutet auf orogenetische Vorgänge, als die Ursache der Gesteinsumwandlung. Den smaragdgrünen Aktinolith, welcher in den sog. Saussuritgabbros auftritt, nennt man Smaragdit. Derselbe bildet sehr feinstenglige Aggregate von mattgrünlichweisser Farbe im durchfallenden Lichte, welche erst bei grosser Dünne durchsichtig werden — eine Folge der feinfasrigen Aggregation. Die Smaragditaggregate erscheinen sehr oft in der Form des

* T. M. M. 1876. 65.

Diallags und haben die Structur dieses Minerals dann oft in überraschender Vollkommenheit bewahrt; so lassen sie sich nach der Querfläche in dünne Blättchen theilen, an deren Rändern bisweilen noch Flächen eines Augitprismas erkennbar sind. Dass solcher Smaragdit eine Pseudomorphose oder vielleicht Paramorphose nach Diallag* sei, beweist auch der Umstand, dass die Interpositionen des Diallag sich im Smaragdit wiederfinden; je geringer die Menge derselben geworden ist, um so reichlicher pflegt der Rutil in Körnchen und Kryställchen dem Smaragdit beigemengt zu sein. Quer zu der Säulenaxe dieser Smaragdite, welche aus Diallag entstanden, finden sich wohl farblose Adern von parallelstengliger Structur. welche Zoisit zu sein scheinen. Ob die in den Eklogiten auftretenden Smaragdite, welche sich meistens in paralleler Verwachsung mit Omphacit befinden, zu dem Aktinolith oder der gemeinen Hornblende gehören, ist nicht festgestellt. — Aus Eruptivgesteinen ist Aktinolith nicht sicher als primärer Gemengtheil bekannt.

Umwandlungsvorgänge sind am Aktinolith nur selten zu beobachten; es entstehen aus demselben wohl fasrige und schuppige kryptokrystalline Aggregate von grüner Farbe, welche dem Serpentin angehören dürften. Dabei scheidet sich der Kalkgehalt sehr gern als Calcit in kleinen Körnchen und rundlichen Massen aus.

Als Begleiter gewisser Eisenerze des Lake Superior beschreibt A. C. Lane (Amer. Journ. 1891. XLII. 505) unter dem Namen Grünerit einen Ca-freien monoklinen Mg-Fe-Aktinolith mit epidotähnlichem Brechungsvermögen ($n = 1.7$) und starker Doppelbrechung ($\gamma - \alpha = 0.030$). $c : c = 15^0—20^0$. Farblos bis hellbräunlich oder hellgrünlich, gar nicht oder schwach pleochroitisch. Die Textur ist faserig. Charakteristisch ist eine constante polysynthetische Zwillingsbildung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100). Dieses Mineral wird stets von Quarz und Eisenerzen, bisweilen auch von Granat, braunem Biotit und gemeiner blaugrüner Hornblende begleitet, mit der es parallel verwächst. Eine Umwandlung zu Talk ist sehr verbreitet.

Der Nephrit oder Jade ist ein filzig-fasriger Aktinolith mit einer mehr oder weniger versteckt schiefrigen Structur. Ohne eigentliche Bedeutung für die allgemeine Petrographie beansprucht er doch das Interesse durch seine ethnographisch eigenthümliche Stellung, ähnlich wie der Jadeït. Zweifellose Vorkommnisse desselben finden sich am Berge Batugol in Ostsibirien, im Kuenluen.

* cf. Fr. Becke, Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. T. M. P. M. 1882. IV. 360.

in Neuseeland. Mit der Beschreibung und Untersuchung dieser Vorkommnisse beschäftigte sich neben H. Fischer besonders A. Kenngott, Beck und Muschketow und Arzruni*. Traube** hat ein mit Serpentin und Granulit innig verknüpftes Vorkommen bei Jordansmühl, sowie eine wenig mächtige (7 cm) Lage desselben Minerals in dem Arsenerze führenden Diopsidfels von Reichenstein in Schlesien aufgefunden. — Amerikanische Vorkommnisse beschrieben Clarke und Merrill***.

Die gemeine Hornblende bildet rundum gesetzmässig begrenzte Krystalle nur in alten Eruptivgesteinen mit porphyrischer Structur, z. B. in gewissen Granitporphyren, Syenitporphyren und Dioritporphyriten; in den körnigen Massengesteinen der älteren Formationen und in dem Gebiet der krystallinen Schiefer erscheint sie in mehr oder weniger deutlich prismatischen Individuen, seltener in Blättern und Körnern. Eine eigenthümliche Erscheinungsform ist die sogenannte „schilfige Hornblende", d. h. annähernd parallelstenglige bis fasrige Amphibolaggregate von stets ziemlich hellgrüner Farbe und geringem Pleochroismus, welche, gern mit Epidot und Chlorit untermengt, in gewissen Eruptivgesteinen der Diabasreihe und in manchen Amphiboliten weit verbreitet ist. In manchen Fällen lässt sich die Entstehung dieser schilfigen Hornblende aus Augit mit Sicherheit darthun und dieser Ursprung ist wahrscheinlich für alle Vorkommnisse anzunehmen. Diese schilfige Hornblende wäre demnach eine uralitische; ihren Eigenschaften nach steht sie dem Aktinolith näher, als der gemeinen Hornblende, und gehört vielleicht zu jenem. Zur Unterscheidung von diesen schilfigen Aggregaten bezeichnet man die einheitliche Hornblende wohl als compact.

Die gemeine Hornblende ist vorwiegend mit grünen Farben durchsichtig; mehr oder weniger tief braun bis braunroth erscheint sie im Tonalit, in manchen Dioritporphyriten, in den Teschenite, seltener in den Dioriten, Gabbros und in den krystallinen Schiefern.

* H. Fischer, Nephrit und Jadeit. Stuttgart. 1875; — H. Fischer und H. von Schlagintweit-Sakünlünski, Mikrostructur des Kuenluen-Nephrits und verwandter Gesteine. S. M. A. 1874. III; — A. Kenngott, Ueber Nephrit von Neu-Seeland. Züricher Vierteljahrsschrift. XV. 372. — W. von Beck und J. W. von Muschketow, Der Nephrit und seine Lagerstätten. Verhdl. k. russischer mineral. Ges. (2.) XVIII. Petersburg. 1882. — A. Arzruni, Neue Beobachtungen an Nephrit und Jadeït. Zeitschr. f. Ethnologie. Berlin. 1883.

** L. J. B.-B. III. 1884. 412—427 und L. J. 1877. II. 276.

*** On nephrite and jadeite. Proceed. U. S. Nat. Museum. 1888. XI.

Die grüne Hornblende hat eine Auslöschungsschiefe, welche derjenigen des Aktinolith gleichkommt oder sie noch übersteigt; auf Spaltblättchen nach dem Prisma findet man c : c = 13° oder mehr. Der Pleochroismus bewegt sich in grünen Tönen und nur die nach a schwingenden Strahlen erscheinen bisweilen gelb; dann hat das Grün der nach b oscillirenden Strahlen oft einen Stich ins Bräunliche, das der nach c schwingenden einen Stich ins Blaue, ja in manchen Gesteinen des krystallinen Schiefergebirges ist er rein blau, so am Sulitjelma, im Val Piora u. a. O. Die braune Hornblende ist gewöhnlich stärker pleochroitisch, als die grüne, die Farben nach c und b sind braun in verschiedenen Tönen, a ist gelblich oder seltener grünlich. Der Winkel c : c ist kleiner; auf den Spaltblättchen nach ∞P (110) findet man höchstens 13° Auslöschungsschiefe. Dieselbe kann sinken bis auf nahezu 0°*.

Eine constante Mikrostructur besitzt die gemeine Hornblende nicht; sie umschliesst gern Erze und Apatit oder andere associirte Mineralien, welche älter sind als sie. In manchen Eruptivgesteinen enthält sie in reichlicher Menge die Interpositionen des Hypersthen und Diallag, in den krystallinen Schiefern sehr oft Rutil. — Parallele Verwachsungen mit Pyroxen sind nicht selten; alsdann liegt die Hornblende meistens peripherisch um den Pyroxen, mit dem sie die Axen b und c gemein hat, während mit oP (001) des Pyroxen P∞ (101) des Amphibol gleichsinnig liegt. Diese Umwachsung ist vielfach durch dynamische Vorgänge bedingt, also eigentlich eine Pseudomorphose. In manchen Tiefengesteinen aber (Eläolithsyeniten von Portugal, Augitdioriten vieler Localitäten) wird man sie als primär ansehen müssen, da jede Andeutung mechanischer Deformationen in diesen Gesteinen fehlt. — Wo sie mit Biotit verwachsen ist, scheint hingegen dieser älter zu sein und liegt dann gern mit seiner Basis auf den Spaltflächen der Hornblende.

Die Umwandlung der Hornblende in Chlorit unter gleichzeitiger Ausscheidung von Epidot oder Calcit und Quarz ist ein allgemein verbreiteter Verwitterungsprocess; da der Chlorit sich dann weiter in ein Gemenge von Carbonaten, Thon, Limonit und Quarz umsetzt, so entstehen schliesslich Pseudomorphosen dieser Substanzen nach Amphibol. Bei der Chloritisirung fasert sich die Hornblende aus und da die Chloritschüppchen sich von der Peripherie und den Spaltflächen aus wuchernd fortbilden, so kann eine solche Pseudomorphose

* cf. auch Becke l. c. p. 236.

einem Aggregat schilfiger Hornblende sehr ähnlich werden. Zur Unterscheidung dient die geringere Doppelbrechung der Chloritmineralien, die Behandlung mit Säure, mit welcher diese gelatiniren, während Hornblende nicht angegriffen wird oder doch höchstens Eisen an das Reagens abgiebt.

Die basaltische Hornblende ist fast stets gut auskrystallisirt; wo die äussere Form fehlt, erkennt man mit Sicherheit, dass sie durch mechanische Vorgänge oder magmatische Resorption wieder verloren ging. Die Spaltung zeigt hohen Grad der Vollkommenheit und die Spaltflächen sind überaus glänzend. Im auffallenden Lichte schwarz, im durchfallenden fast ausnahmslos braun mit meistens tiefem Tone. Die grüne Farbe scheint theils primär zu sein, theils durch Vorgänge chemischer Veränderung gelegentlich zu entstehen und bedingt dann merkliche Abnahme des Glanzes. Isomorphe Schichtung, wobei meistens verschieden tief braun gefärbte Zonen, seltener braune und grüne Zonen, stets in geringer Zahl, meist nur als Kern und Schale, wechseln, ist nicht selten. Auch das Zusammenauftreten beider Abarten in demselben Gestein wurde mehrfach beobachtet. Der Pleochroismus ist fast ausnahmslos sehr stark* und wechselt von dunkelbraun für c bis hellgelb für a; selten sind die nach a schwingenden Strahlen grünlich. Die den meisten Amphibolen gemeinschaftliche Absorption $c \geqslant b > a$ erreicht hier ihr Maximum und giebt gelegentlich derjenigen des Biotit an Intensität nichts nach. Im Andesit von Hoyazo, Cabo de Gata, beobachtete A. Osann dagegen eine Hornblende als Einsprenglinge mit a hellgrüngelb, b grünbraun, c dunkelgrüngelb und $b > c > a$. Die Auslöschungsschiefen sind mit seltenen Ausnahmen (Arany) klein bis sehr klein und sinken bis auf 0°. — Eine mit Beziehung auf dieses Schwanken wichtige Beobachtung machte C. Schneider**. Als er basaltische Hornblenden von recht basischem Charakter bei Rothgluth der Einwirkung überhitzten Wasserdampfes aussetzte, sank ihre Auslöschungsschiefe, die vor dem Glühen von 2° bis 8½° in den verschiedenen Vorkommnissen gewesen war, auf 0° herab und gleichzeitig war nahezu sämmtliches FeO in Fe_2O_3 umgesetzt worden. Das Pulver der untersuchten Hornblenden (Laacher See, Altenbuseck bei Giessen, Härtlingen, Wolkenburg, Böhmen, Ortenberg) war vor dem Glühen grau, nach demselben

* L. van Werveckb in L. J. 1879. 824 erwähnt schwach pleochroitische Hornblende aus Basalt von Palma.

** Z. X. 1891. XVIII. 580.

gelbbraun. Die Lichtabsorption und der Pleochroismus hatten stark zugenommen. — M. Belowsky* erhielt die gleichen optischen Veränderungen, also wohl auch die gleichen chemischen Umsetzungen, als er grüne gemeine Hornblende von Arendal, Greiner, Russel Co., N. Y., Campo lungo am St. Gotthard und von Cotocachi (Ecuador) in einem Platinschälchen eine Stunde lang über dem Bunsen'schen Brenner glühte. Die optischen Eigenschaften waren ganz die der basaltischen Hornblenden geworden.

Die basaltische Hornblende ist wesentlich auf die Gang- und Ergussgesteine beschränkt und bildet in denselben Einsprenglinge, die zu den ältesten Ausscheidungen aus dem Magma gehören. Dem entspricht es, dass amorph erstarrte Partikel dieser Magmen (Glaseinschlüsse) darin häufig sind; daneben finden sich Erze, Apatit, Biotit, Olivin und andere noch ältere Gemengtheile als Interpositionen. Verwachsungen mit Pyroxenen kommen vor; dann liegen die letzteren peripherisch und sind also, umgekehrt wie bei den körnigen Gesteinen, stets jünger als die Hornblende.

Die Veränderungen, welche die basaltische Hornblende unter Einwirkung der Atmosphärilien, beziehungsweise thermischer Lösungen erfährt, sind dieselben, wie bei der gemeinen Hornblende, und führen demgemäss zur Bildung von Chlorit, Carbonaten, Limonit und Quarz. Durchaus eigenthümlich für dieselbe gegenüber der gemeinen Hornblende sind dagegen gewisse Umwandlungen, welche sich kaum anders, als durch resorbirende Einwirkungen des Magmas erklären lassen. Die Umrisse der Amphibolkrystalle in Porphyriten, Trachyten, Phonolithen und Andesiten, sowie Basalten und Tephriten sind vielfach abgerundet und abgeschmolzen, und unmittelbar um die Krystalle herum legt sich dann eine dunkle Zone, welche in den meisten Fällen durch eine randliche Anhäufung von opaken Erz(?)körnchen und Augitsäulchen oder Körnchen gebildet wird; die letzteren liegen nicht selten parallel zu einander und dem Amphibolkrystall. Dass hier der Amphibol nicht etwa nur als Ansatzpunkt für die Augite und die opaken Körnchen diente, beweist der Umstand, dass der Amphibol vollständig durch das genannte Gemenge verdrängt werden kann. Es liegt also eine magmatische Umbildung von Hornblende vor, wobei Augit sich in der unmittelbaren Nähe der sich auflösenden Hornblende aus dem Magma ausscheidet. Die Entstehung dieser Umwandlungen gehört also einer

* L. J. 1891. I. 291.

Periode der Gesteinsentwicklung an, in welcher die Hornblende nicht mehr bestandfähig im Magma war und ihre Bildung durch die Augitbildung abgelöst wurde. Dass aber bei diesem Processe sehr wahrscheinlich ein Eisenoxyd sich ausscheiden wird, ergiebt sich aus dem Verhältniss, in welchem $CaO : (MgO + FeO)$ in Amphibol, beziehungsweise Pyroxen zu einander stehen. A. Becker* versuchte diesen Vorgang experimentell aufzuklären. In selteneren Fällen, die der Natur der Sache nach nur ausnahmsweise vorkommen können, scheint nach oder bei der Resorption der basaltischen Hornblende wieder eine Neubildung solcher stattzuhaben, die dann in Mikrolithenform die älteren Ausscheidungen umrandet**.

Zu den an TiO_2-reichen (6.75 %) basaltischen Hornblenden gehört auch das von Joh. Lorenzen (Meddelanden om Grönland. 1885. VII. 27—31) analysirte und Kaersutit genannte Amphibolmineral. Ich verdanke darüber Herrn N. V. Ussing in Kopenhagen die folgenden Angaben. Die säulenförmigen Krystalle (5 mm dick, bis 5 cm lang) zeigen die Flächen ∞P (110), $+P$ ($\bar{1}11$), oP (001), seltener $2P\bar{\infty}$ (021) und $\infty P\bar{\infty}$ (010) mit $110 : 1\bar{1}0 = 124^0\ 25'$. $110 : 001 = 103^0\ 9'$, $\bar{1}10 : \bar{1}11 = 111^0\ 16'$, $001 : \bar{1}11 = 145^0\ 44'$. $\bar{1}11 : \bar{1}\bar{1}1 = 148^0\ 20'$, $001 : 021 = 150^0\ 39'$ ca.

Die Axe kleinster Elasticität liegt im spitzen $\measuredangle \beta$ und $c : c = 10^0$ ca., etwas grösser für roth als für grün. Die Absorption ist $c > b > a$ mit c dunkelrothbraun, fast $= b$, a hellbraun.

Sp. G. = 3.237.

Nach K. J. V. Steenstrup bildet der Kaersutit mit triklinem Feldspath, Titaneisen und einem astrophyllitähnlich aussehenden Glimmer, sowie etwas Schwefelkies und durch Zersetzungsvorgänge entstandenen Zeolithen (Analcim), Calcit und Quarz 2—6 Zoll breite Spaltenausfüllungen in einem 120′ mächtigen Lager eines Peridotits in den Komeschichten Heer's bei Kaersut im Umanaksfjord in Nord-Grönland. Ussing fand in dem Kaersutitgestein einen auffallend hohen Apatitgehalt, spärlich einen seiner grünen Farbe nach chromhaltigen Augit und in zwei Proben auch etwas violetten pleochroitischen Augit mit b bräunlichviolett, c violett, a hellgrau. $c : c =$ 40 ca. im stumpfen $\measuredangle \beta$, $2H_0$ in Thoulet'scher Lösung von $d = 3.125$ wurde zu ca. 110° gefunden. Sp. G. = 3.333.

---

* L. J. 1883. II. 1—12.

** L. van Werveke, l. c., und H. Sommerlad, Ueber hornblendeführende Basaltgesteine. L. J. B.-B. 1883. II. 139.

Das Gestein und die Natur der farbigen Gemengtheile erinnert an Teschenite und Camptonite.

Als Barkevikit hat Brögger eine tief sammetschwarze, stark glänzende Hornblende von schmutzig dunkelolivengrünem Strich beschrieben, welche mit brauner Farbe durchsichtig wird. Ihre Krystalle zeigen die Formen ∞P (110), ∞P∞ (010), P (Ī11), oP (001), 2P∞ (021), —P (111) und spalten ausser nach dem Prisma ziemlich vollkommen auch nach der Symmetrieebene. Die Ebene der optischen Axen liegt in der Symmetrieebene, die Auslöschungschiefe beträgt etwa 12° 30′ im spitzen Winkel β. Die Absorption ist am stärksten für den nach der, der Vertikalaxe zunächst liegenden Elasticitätsaxe schwingenden Strahl (tiefbraun); der nach der Symmetrieaxe schwingende Strahl wird schwächer absorbirt (röthlichbraun), der dritte Strahl hat hellbräunlich gelbe Farbe. Ich kann diese Mittheilungen dahin ergänzen, dass die der Vertikalen nächstliegende Elasticitätsaxe = c ist, dass somit die Absorption das Schema $c > b > a$ hat, dass ferner a nach den Interferenzerscheinungen im convergenten Lichte die spitze Bissectrix ist*. Messungen sind bei der tiefen Färbung nicht möglich. Die Winkel c : c fand ich etwas grösser = 14°. Offenbar beziehen sich auch auf den Barkevikit die oben (S. 548) mitgetheilten Angaben von Michel-Lévy und Lacroix; nur nannten sie diese Hornblende Arfvedsonit.

Sp. G. = 3.428. — Die chemische Zusammensetzung ist die einer sesquioxydreichen, kalkarmen und alkali-, sowie etwas titanhaltigen basaltischen Hornblende, nach Scharizer's Auffassung ein an dem Syntagmatitmolekül reicher Amphibol. Dieser Barkevikit ist durch viele Zwischenglieder mit abnehmender Dichte mit den andern Hornblenden verbunden.

Der Barkevikit und die barkevikitische Hornblende haben ihre Hauptverbreitung in den alkalireichen und SiO_2-armen Tiefengesteinen, den Eläolithsyeniten und den südnorwegischen Augitsyeniten, sowie in den lamprophyrischen Ganggesteinen dieser Familie, den Monchiquiten**. Eine scharfe Trennung derselben von der basaltischen Hornblende ist kaum möglich.

* Ich mass nach der Mallard'schen Methode an einem Präparate nach (100) den Winkel $2E_a = 54° 18'$ als Mittel aus mehreren ziemlich gut stimmenden Messungen. Doch hat diese Messung nur den Werth einer ungefähren Bestimmung, da die Hyperbeln sehr breit waren in Folge der zur Durchsichtigkeit nöthigen Dünne und das Präparat selbstverständlich nicht senkrecht zur Bissectrix. Die Dispersion war deutlich $\varrho < \upsilon$.

** Vgl. Hunter und Rosenbusch, Ueber Monchiquit. T. M. P. M. 1890. XI. 445.

Der Barkevikit von Skudesundskjaer bei Barkevik wird von einem Mantel von federförmig blättriger bis feinstengliger Structur umhüllt, oder bei kleineren Individuen ganz verdrängt, welchen Breithaupt als ein eigenthümliches Glimmermineral betrachtete und Pterolith nannte. Brögger wies nach, dass dieser Pterolith wesentlich aus einem Gemenge von Aegirin und Lepidomelan in inniger Durchdringung besteht, in dem violblauer Flussspath fein vertheilt ist. Damit gehört diese Umwandlung nicht zu der eigentlichen Verwitterung, sondern ist vielleicht ein pneumatolytischer Process. Auch ein Feldspath (Albit) und Wöhlerit, letzterer sicher ein ursprünglicher Einschluss, sind im Pterolith gelegentlich eingeschlossen. — Nun findet man gar nicht selten in den südnorwegischen normalen Augitsyeniten und den Eläolithsyeniten mehrerer Gegenden Aegirin in inniger Verwachsung mit Lepidomelan als normalen Gesteinsgemengtheil. Man wird wohl kaum irren, wenn man auch hier eine Epigenese annimmt.

Der Glaukophan wurde von Hausmann in den krystallinen Schiefern von Syra als neues Mineral aufgefunden, seine mikroskopische Beschreibung von Luedecke* gegeben. Derselbe bildet immer prismatische Individuen, welche von ∞P (110), bisweilen mit ∞P∞ (010) oder ∞P∞ (100) begrenzt werden und keine terminalen Flächen besitzen. Die vollkommene Spaltbarkeit nach dem Prisma mit dem Amphibolwinkel (124° 25′—124° 44′) und die blaue Farbe im auffallenden Lichte charakterisiren ihn. Neben der Spaltung ist eine Querabsonderung (nach P∞?) sehr charakteristisch, welche derjenigen der Aktinolithe überaus ähnlich ist. Der Glaukophan in der Amphibolreihe entspricht ungefähr dem Jadeït in der Pyroxenreihe. Die Auslöschungsschiefe ist sehr klein, 4°—6° auf der Symmetrieebene. Der Pleochroismus überaus kräftig und schön: c himmelblau bis ultramarinblau, selten blaugrün, b röthlichviolett bis bläulichviolett, a fast farblos bis gelblichgrün. Sp. G. = 3.0—3.1. Der Glaukophan gehört in dieselbe Mischungsreihe, wie der an Sesquioxyd (Al_2O_3) noch reichere Gastaldit. Beide scheinen fast ausschliesslich auf die Formation der krystallinen Schiefer und Phyllite beschränkt zu sein. Nachdem man ihn aus den Glimmerschiefern und Eklogiten von Syra kennen gelernt hatte, fand man ihn bei Zermatt und im Val d'Aosta unter ähnlichen Verhältnissen; ebenso beschrieb ihn Williams** von Germagnano und der Riviera.

* Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 249.

** L. J. 1882. II. 202.

Stelzner* in einem erratischen Block, welcher aus den Walliser Alpen stammt; Becke** aus Phyllitgneiss vom rechten Salamvria-Ufer in Griechenland, westlich von Baba und aus Schiefern von Ocha in Süd-Euböa, Barrois und v. Lasaulx von der Insel Groix. Eine recht vollständige Uebersicht über die Verbreitung wirklicher, z. Th. auch irrthümlich dafür gehaltener Glaukophane gab K. Oebbeke***. Die Paragenese des Glaukophan ist allenthalben diejenige des Aktinolith und der gemeinen Hornblende, die er ja auch nicht selten begleitet; er associirt sich mit Diallag, Omphacit, Granat, Epidot, Glimmer, Sprödglimmer und Rutil. Jedenfalls gehört zum Glaukophan ein blaues Amphibolmineral, welches in saussüritisch umgewandelten oder amphibolisirten Gabbrogesteinen die Pyroxene nach Art der grünen Amphibole umrandet und ersetzt. Der optische Charakter ist vollkommen der des Glaukophan nach Stärke der Doppelbrechung, Vertheilung der Elasticität, Art und Lage der farbigen Absorption u. s. w. In typischer Ausbildung findet sich dieser Glaukophan im Gabbro von Mussinet bei Turin und in manchen Riviera-Gabbros.

Von dem Glaukophan, oder vielmehr vom Gastaldit, giebt es anscheinend eine ganze Reihe von Zwischenformen bis zur gemeinen Hornblende und zum Aktinolith, bei denen ja bereits Abarten mit c = blau erwähnt wurden. Je näher sie dem Glaukophan stehen, um so farbloser ist der nach a schwingende Strahl, je mehr sie sich dem Aktinolith annähern, um so mehr verschwindet das Violett im Pleochroismus und a und b haben grüne Farbentöne. Gleichzeitig scheint der $\measuredangle$ c : c zu wachsen. — Einen auffallenden Pleochroismus giebt Koto† von einem Glaukophan des Berges Otakisan auf der Insel Shikoku (Japan) an; a bläulichgrün, b lavendelblau, c bläulichbraun mit $c : c = 11^0—12^0$. Sp. G. = 2.9912. — Bei vielen Angaben in der Literatur ist es offenbar, dass der relative Werth der fast parallel und senkrecht zur Prismenaxe liegenden Elasticitätsaxen conventionell gedeutet, aber nicht wirklich untersucht wurde.

Es verdient Erwähnung, dass die Axe der kleinsten Elasticität

* L. J. 1883. I. 208.

** T. M. P. M. 1879. II. 49. 71.

*** Z. D. G. G. 1886. XXXVIII. 634 u. 1887. XXXIX. 211.

† A note on Glaucophane. Journ. of the Coll. of Sc. Imper. Univ. Tokyo. 1886. I. part 1. In dem Schema des Pleochroismus (S. 4 des Separatabdrucks) ist C statt A gesetzt.

im Glaukophan, ebenso wie im Strahlstein stets nach derselben Seite gegen die prismatische Spaltbarkeit geneigt ist, wie eine sehr verbreitete Querabsonderung. Folgt diese — wie anzunehmen wohl erlaubt ist, und wie es die Neigung derselben gegen die prismatische Spaltbarkeit andeutet — der Fläche P$\bar{\infty}$ (10$\bar{1}$), so liegt also c im spitzen $\measuredangle \beta$.

Ebenso wie in der Pyroxenreihe, giebt es auch unter den Amphibolen solche, bei denen die der Prismenaxe nächst liegende Elasticitätsaxe nicht die kleinste, sondern die grösste ist. Hierher gehören der Arfvedsonit, der Riebeckit und der Krokydolith.

Der Arfvedsonit wird nach den Untersuchungen Brögger's von den Flächen ∞P (110 : 1$\bar{1}$0 = 123° 55′), ∞P$\dot{\infty}$ (010), seltener ∞P$\bar{\infty}$ (100) in der herrschenden Prismenzone, terminal von oP (001), 2P$\bar{\infty}$ (20$\bar{1}$), 2P$\dot{\infty}$ (021), P (11$\bar{1}$), —P (111), 3P$\dot{3}$ (13$\bar{1}$) begrenzt. Als Gesteinsgemengtheil fehlen ihm die terminalen Flächen oft. (001) : (100) = 104° 16′. Zwillinge nach ∞P$\bar{\infty}$ (100). Die Spaltung geht nach ∞P (110) und weniger vollkommen nach ∞P$\dot{\infty}$ (010). — H = 5.5—6. — Sp. G. = 3.44. — Wichtig für die Diagnose ist der tief graublaue Strich. — Die Schnitte nach ∞P$\dot{\infty}$ (010) sind olivengrün, die nach ∞P$\bar{\infty}$ (100) tief grünblau durchsichtig. Die Auslöschungsschiefe beträgt 14° im stumpfen $\measuredangle \beta$. Der Prismenaxe am nächsten liegt wahrscheinlich die kleinste Elasticität (also c : c = 14°), die Axenebene liegt in ∞P$\dot{\infty}$. Der Axenwinkel ist sehr gross, aber wahrscheinlich spitz um c. Der Pleochroismus ist

c sehr tief grünblau, b lavendelblau, a blass grünlichgelb

Von diesen Angaben Brögger's weichen meine Beobachtungen in einigen Punkten ab. Sie wurden an grönländischem Material angestellt, welches ich der Güte des Herrn Prof. Johnstrup verdanke. Terminal begrenzte Krystalle lagen mir nicht vor, so dass ich die Lage der kleinsten Auslöschungsschiefe nach oben hinten oder oben vorne von der Prismenaxe nicht prüfen konnte. Die Beobachtungen wurden an äusserst dünnen orientirten Schliffen gemacht.

Die Auslöschungsschiefe fand ich auf (010) etwa wie Brögger: genau liess sie sich nicht messen, da sie in Folge merklicher Bissectricen-Dispersion nicht vollständig war und die tiefe Absorption die Anwendung homogenen Lichtes nicht gestattete. Ich glaube sicher zu sein, dass die Bissectrix für roth der Prismenaxe näher liegt als die für blau. — Die der Prismenaxe nächstgelegene Elasticitätsaxe ist die grösste. Darnach das optische Schema (Fig. 179)

$b = \mathfrak{b}$, $a : c = 14^0$ im stumpfen $\measuredangle \beta$ mit $(a_\varrho : c) < (a_v : c)$. Ob a oder c die spitze Bissectrix sei, vermochte ich nicht zu erkennen. — Den Pleochroismus fand ich a = grünlichblau, $\mathfrak{b}$ = blau bis graublau, c = grünlichgrau mit schwachem Stich ins Gelbe. Absorption $a > \mathfrak{b} > c$. — Zur Bestimmung des relativen Werths der Elasticitäten bediente ich mich des Gypsblättchens mit Roth I. Ordnung. — Die Doppelbrechung in der Prismenzone ist nicht stark, die allerdings sehr dünnen Präparate hoben und senkten das Roth des Gypsblättchens genau bis zum anliegenden Blau und Orange.

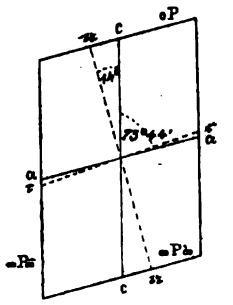


Fig. 179.

Höchst interessant in Analogie mit der pterolithischen Umbildung des Barkevikit ist es, dass Steenstrup und Brögger auch beim Arfvedsonit eine Umwandlung in braunen Akmit (seltener grünen Aegirin) und Lepidomelan oder Magnetit constatirten und genau beschrieben. — Brögger weist mit Recht zum Vergleich auf die Versuche Dölter's hin, der (T. M. P. M. 1888. X. 70) durch Schmelzen des Gastaldit mit $NaFl$ und $MgFl_2$ ein Gemenge von stark pleochroitischem Glimmer und Aegirin, bei geringer Menge von Fluoriden nur das Pyroxenmineral erhielt. — Der für sich allein geschmolzene Arfvedsonit giebt zierliche Krystalle und Skelette von Magnetit, denen bei einem Versuche Steenstrup's Nadeln eines Pyroxenminerals mit beträchtlicher Auslöschungsschiefe beigemengt waren.

Eine Parallelverwachsung des Arfvedsonit mit Aegirin von eigenthümlicher Art wurde in den Mosandrit-führenden Handstücken von der Insel Laaven beobachtet. Der Arfvedsonit war in zahlreichen unregelmässigen Fetzen dem Aegirin ganz so eingelagert, wie die Hornblende den Augiten in vielen Augitdioriten. Alle Arfvedsonitfetzen lagen parallel und so zum Aegirin, dass auf Schnitten nach $\infty P\infty$ (100) dieselbe Richtung, soweit man es sehen konnte, positive Bissectrix für beide Mineralien war, also eine vollkommene Durchdringung eines Arfvedsonit- und eines Aegirin-Individuums.

Der Arfvedsonit ist auf die SiO_2-armen und Na_2O-reichen Tiefengesteine (Eläolithsyenite) beschränkt und auch hier im Ganzen selten. — W. Ramsay* beschreibt als Gemengtheil des normalen Eläolithsyenites der Halbinsel Kola und seiner Gangfacies als arf-

* Geologische Beobachtungen auf der Halbinsel Kola. Fennia III. 43. Helsingfors 1890.

vedsonitartig. ein Hornblendemineral mit 110 : 1$\bar{1}$0 = 123° 48′. sp. G. = 3.5, c : c = 10° 30′ und einem Pleochroismus

a = kastanienbraun, gelbbraun b = stahlgrau, grasgrün c = grünlichblaugrau, grünblau

welches nach der optischen Orientirung nicht Arfvedsonit sein kann, sondern vielleicht zum Kaersutit (?) gehört.

Ueber die chemische Zusammensetzung des Arfvedsonit siehe unten S. 568.

Unter dem Namen Riebeckit beschrieb A. Sauer eine Hornblende aus einem Granit von der Insel Socotra, welche chemisch genau dem Aegirintypus der Pyroxenreihe entspricht. Der Riebeckit hat das gewöhnliche Amphibolprisma mit 124° ca. und zeigt ausserdem die Fläche ∞P∞ (010). Terminale Flächen sind bisher unbekannt. Oft bildet er fasrige bis stenglige Aggregate in paralleler. subparalleler oder schwach divergenter Anordnung. — Die Spaltbarkeit geht nach ∞P sehr vollkommen.

Sp. G. 3.3. — Im auffallenden Lichte schwarz, im durchfallenden tiefblau oder grün, je nach der Schnittlage.

Die Ebene der optischen Axe liegt in der Symmetrieebene: die Auslöschungsschiefe beträgt 4°—5° auf ∞P gegen die Prismenkante, ohne dass bestimmt wäre, nach welcher Richtung von dieser. Die Doppelbrechung ist schwach; das Brechungsvermögen nicht unbeträchtlich. Der Pleochroismus sehr stark und zwar a tiefblau. b etwas weniger tief blau, c grün. Der Vertikalaxe zunächst liegt die Axe der grössten Elasticität, also b = b, a : c = 5°—6° ca. Absorption a > b > c.

Der Riebeckit wurde des Weiteren von mir beobachtet in Keratophyren, Minetten (Wackenbach bei Schirmeck, Albany. N. H.) und von A. Harker* in Quarzkeratophyr (Felsite) von Mynydd Mawr. Der Riebeckit ist mehrfach mit Turmalin und mit Glaukophan verwechselt worden, wovor die Prüfung des Pleochroismus und der Charakter der Hauptzone leicht bewahrt.

Der Krokydolith hat eine ähnliche optische Orientirung. wie der Riebeckit nach der Angabe von A. Lacroix**. Er giebt als optische Charakteristik a : c = 18°—20°, 2E = 95° ungefähr um c, wonach er positiv wäre und $\gamma - \alpha = 0.025$ für ein Vorkommen von Templeton in Canada. Dass verschiedene Substanzen

---

* Geol. Mag. 1883. (3.) V. 455.

** Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 10.

von ihm als Krokydolith zusammengefasst werden, beweisen seine Angaben über den Pleochroismus.

	c	b	a
Perkin's Mill, Templeton .	hellgrün	blauviolett	blaugrün
Gölling (Sapphirquarz) . .	blassgelb	violett	tiefblau
Oranje-Fluss, Südafrika . .	violett	„	grün
Wackenbach	fast farblos	blauviolett	bläulichgrün
Gorgona, Italien	sehr blassgelb	violett	hellblau

Von diesen Vorkommnissen habe ich das Wackenbacher schon 1886 zum Riebeckit gestellt. — Ferner konnte ich den südafrikanischen Krokydolith prüfen. Die Längsrichtung der Fasern ist blau und ihr sehr nahe liegt a. Die Absorption ist stark, ein Pleochroismus war nicht sicher zu constatiren. Alle Fasern waren in allen Lagen blau; vielleicht lag keine nach (010). Wenn eine Auslöschungsschiefe vorhanden ist, beträgt sie weit weniger als 18°—20° an meinem Material. Unter den tiefblauen Fasern fanden sich auch fast farblose, die dann aber streckenweise mit Eisenhydroxyd erfüllt waren. Diese hatten in der Längsrichtung c, nicht a und zeigten die Doppelbrechung und Auslöschungsschiefe des Tremolit.

Der Krokydolith scheint allenthalben eine secundäre Bildung zu sein und nirgends den Charakter eines ursprünglichen Gemengtheils eines nicht metamorphen Eruptivgesteins zu haben.

W. Cross* beschreibt von denselben Localitäten, wie den Aegirin (S. 537), auch einen blauen Amphibol, welcher gemeine braune Hornblende und Pyroxen als Neubildung in paralleler Stellung umwächst oder ersetzt, theils allein, theils mit Aktinolith. Besonders auf den terminalen Flächen des braunen Amphibol, und nach den mitgetheilten Zeichnungen nie auf den Prismenflächen, wohl aber auf $\infty P\bar{\infty}$ (010) setzt sich der blaue Amphibol an, auf ersteren gern wie Pinselhaare. Die Axenebene dieses blauen Amphibols ist $\infty P\bar{\infty}$ (010), der Winkel $a : c = 13^0—15^0$, der Axenwinkel gross, somit der optische Charakter nicht zu bestimmen. Der Pleochroismus ist.

a tiefblau, b purpur bis violett, c blassgelb; Absorption $a > b > c$.

Sehr wichtig ist die Beobachtung von Cross, dass die Axe a stets in entgegengesetzter Richtung von der Prismenaxe im blauen Amphibol, von der Lage der Axe c gegenüber der Vertikalaxe in der braunen Hornblende lag. Da nun der blaue und braune Amphibol zweifellos die vertikale und Symmetrieaxe gemein hatten, so wäre daraus zu folgern, dass im braunen Amphibol die kleinste Elasticitätsaxe im spitzen $\measuredangle \beta$, im blauen dagegen im stum-

* Amer. Journ. 1890. XXXIX. 359.

pfen $\measuredangle \beta$ liegen würde. Das ist für Arfvedsonit nach Brögger's Beobachtung der Fall. Für Riebeckit und Krokydolith kennt man den Sinn der Neigung der Bissectrix a nicht[1].

Bei der nicht eben ausgedehnten Kenntniss von der chemischen Constitution der blauen Amphibole dürfte es angezeigt sein, einige neuere Analysen anzuführen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
SiO_2 .	58.55	57.81	56.49	56.71	43.85	47.08	50.01	49.83	51.89	51.03
TiO_2 .	—	—	—	—	—	—	—	1.43	—	—
Al_2O_3 .	21.40	12.03	12.23	15.14	4.45	1.44	—	Spur	—	—
Fe_2O_3 .	—	2.17	—	9.78	3.80	1.70	28.30	14.87	19.22	17.88
FeO .	9.04	5.78	10.91	4.31	33.43	35.65	9.87	18.86	17.53	21.19
MnO .	—	—	0.50	—	0.45	—	0.63	1.75	—	—
MgO .	3.92	13.07	7.97	4.33	0.81	—	0.34	0.41	2.43	0.09
CaO .	2.03	2.20	2.25	4.80	4.65	2.32	1.32	—	0.40	—
Na_2O .	4.77	7.33	9.28	4.83	8.15	7.14	8.79	8.33	7.71	6.41
K_2O .	—	—	—	0.25	1.06	2.88	0.72	1.44	0.15	—
H_2O .	—	—	—	—	0.15 (Glühverl.)	2.08 (H_2O)	—	0.20 (Glühverl.)	2.36 (H_2O)	3.64 (H_2O)
	99.71	100.45	99.63	100.15	100.80	100.29	99.98	97.87	101.71	99.94

I. Gastaldit. Cossa.
II. „ Zermatt. Bodewig.
III. Glaukophan, Syra. Schnedermann.
IV. „ Shikoku. Yoshida.
V. Arfvedsonit, Grönland. Lorenzen.
VI. „ „ Berwerth.
VII. Riebeckit, Socotra. Sauer.
VIII. „ El Paso Co., Colorado. Wurde als die Analyse von Arfvedsonit gegeben (Z. X. I. 1877. 431), ist aber nach A. Lacroix Riebeckit; mit 0.75 ZrO_2.
IX. Krokydolith, Südafrika. Renard und Klement, Bull. Acad. Roy. Belgique 1884. (3.) VIII. No. 11.
X. Krokydolith, Cumberland. R. J., U. S. A. A. H. Chester und F. J. Cairns, Amer. Journ. 1887. XXXIV. 109.

Anhang: Unter dem Namen Uralit führte G. Rose Substanzen auf, welche die Krystallform des Augit mit den physikalischen Eigenschaften, zumal mit der Spaltbarkeit der Hornblende verbinden. Wenn man im Uralit eine Paramorphose von Hornblende nach Augit sieht, so ist das im Allgemeinen jedenfalls nicht ganz

[1] Denselben blauen Amphibol — er nennt ihn Riebeckit — beobachtete A. C. Lane (Amer. Journ. 1891. XXXIX. 359) in pinselartigen Ansätzen auf primärer Hornblende in Syeniten von Michigan, bald in diesen verlaufend, bald durch eine krystallographische Fläche davon getrennt. Im ersten Fall bildet die Mengungszone, entsprechend dem Gegensatz der Elasticitätsaxen, einen isotropen Streifen. Der blaue Amphibol hatte kleine Auslöschungsschiefe a : c und den Pleochroismus a blau bis grünlichblau, b violett oder röthlichblau, c gelb.

richtig; es scheint vielmehr, dass bei dieser molekularen Umlagerung von Pyroxenen zu Amphibolen, die sich nicht nur zwischen Augit und Hornblende, sondern ebenso zwischen Diallag und Smaragdit und andern Abarten der beiden Familien findet, ein Theil des Kalkes aus der Verbindung austritt. Man trifft wenigstens sehr häufig den nach Pyroxenen paramorphen Amphibolen Calcit oder Epidot in feiner Vertheilung beigemengt. Dieser Vorgang ist nach dem Verhältniss des Ca O zu Mg O + Fe O in den beiden Familien von vornherein zu erwarten, benimmt aber auch im strengeren Sinne des Wortes derartigen Vorgängen den Charakter einer echten Paramorphose.

Die Umwandlung des Augit in Hornblende schreitet meistens von der Peripherie nach dem Centrum und auf den Spaltrissen hin fort, so dass nicht selten inmitten des Uralit sich frische und durchaus unveränderte Reste des Augit finden, die sich leicht durch Spaltbarkeit, Stärke der Doppelbrechung und Farbe, sowie Lage der optischen Hauptschnitte erkennen lassen. Bei diesem Vorgange bleibt die vertikale und die Symmetrieaxe des Mutterminerals in der gleichen Bedeutung für die neugebildete uralitische Hornblende erhalten. Dabei ist der Uralit aber niemals ein einheitlich compacter Krystall, sondern er besteht aus sehr zahlreichen und feinen, allerdings oft sehr genau parallel gerichteten Säulchen. Daher zeigen die Querschnitte die Blätterdurchgänge der Hornblende gleichgerichtet durch die ganze Ausdehnung des Schliffs (Taf. XX Fig. 3), während Längsschnitte fein fasrig struirt erscheinen (Taf. XX Fig. 4). Ebenso ist die Lage der optischen Hauptschnitte in allen Fasern, die aus einem ursprünglichen Augitindividuum entstanden, natürlich die gleiche. Es finden sich jedoch gelegentlich geringe Abweichungen von diesem Parallelismus zumal in der Nähe der Polenden, die dann büschelförmig ausgefasert erscheinen. — Waren die ursprünglichen Augitindividuen Zwillinge nach $\infty P\bar{\infty}$ (100), so pflegen auch im Uralit die beiderseits der ursprünglichen Augitzwillingsgrenze befindlichen Säulchen zu einander in Zwillingsstellung zu stehen. — In günstig gelegenen Schnitten kann man sich öfters überzeugen, dass die gleichwerthigen Elasticitätsaxen der Pyroxene und Uralite gegen die gemeinschaftliche Spaltung nach ∞P (110) gleichsinnig geneigt liegen, wonach $P\bar{\infty}$ ($\bar{1}01$) des Uralit gleichsinnig mit oP (001) des Augit gerichtet sein müsste.

Der Uralit ist stets grün und zeigt den Pleochroismus der grünen gemeinen Hornblende, c und b grün, a gelblichgrün, in sehr deutlicher Ausbildung. — Das specifische Gewicht ist dasjenige der Hornblende.

G. Rose entdeckte den Uralit in sog. Grünsteinen und Grünschiefern von Miask, Mostowaja, Jarewo, Nikolajewsk u. a. O. Die mikroskopische Untersuchung hat gelehrt, dass diese Uralitisirung eine in den Diabasen, Diabasporphyriten und verwandten Gesteinen überaus verbreitete Erscheinung ist, wenn dieselben in gefalteten Schichten eingebettet liegen. Die Diabase des rheinischen Schiefergebirges, des Harzes, des Fichtelgebirges u. s. w. liefern leicht zugängliche Beispiele für diesen Vorgang. — Ebenso, wenngleich nicht so allgemein, findet sich der Uralit in manchen Augitdioriten und Augitsyeniten. Den jüngeren Augitgesteinen fehlt die Uralitbildung im Allgemeinen; sie tritt jedoch in den mesozoischen Felsarten dieser Familie sofort auf, wenn dieselben den gleichen mechanischen Processen unterlagen, wie die paläozoischen. Auch da, wo Plagioklas-Augitgesteine in den Contacthöfen massiger Eruptivgesteine auftreten, findet sich die Uralitisirung der Augite. Ob der Uralit zu der gemeinen Hornblende oder zum Strahlstein gehöre, wird von der ursprünglichen Zusammensetzung des pyroxenischen Muttermineralsabhängen.

Die älteste mikroskopische Beschreibung des Uralit lieferte H. Fischer*.

Die Glimmergruppe.

Literatur.

M. Bauer, Untersuchungen über den Glimmer und verwandte Mineralien. Pogg. Ann. 1869. CXXXVIII. 337—370.

— Ueber einige physikalische Verhältnisse des Glimmers. Z. D. G. G. 1874. XXVIII. 137—186.

E. Reusch, Ueber die Körnerprobe am zweiaxigen Glimmer. Pogg. Ann. 1869. CXXXVI. 130 u. 632.

R. Scharizer, Ueber den Zwillingsbau des Lepidolithes und die regelmässige Verwachsung verschiedener Glimmerarten von Schüttenhofen. Z. X. 1886. XII. 1—17.

— Ueber den Xenotim und über eine neue Glimmerverwachsung von Schüttenhofen. Z. K. 1887. XIII. 15—24.

— Ueber die chemische Constitution der verschiedenfarbigen Glimmer von Schüttenhofen. Z. X. 1887. XIII. 449—473.

G. Tschermak, Mikroskopische Unterscheidung der Mineralien aus der Augit-, Amphibol- und Biotitgruppe. S. W. A. 1869. LIX. Mai-Heft.

— Die Glimmergruppe. S. W. A. 1877. LXXVI und 1878. LXXVIII; ebenso Z. X. 1878. II. 14—49 u. 1879. III. 122—167.

Von allen andern Mineralien des monoklinen Krystallsystems scheiden sich die Glimmer nebst den Chloriten dadurch in her-

* H. Fischer, Kritische, mikroskopisch-mineralogische Studien. I. Fortsetzung. Freiburg i. B. 1871. 9 sqq.

vorragender Weise, dass sie in der Formengestaltung und in dem optischen Verhalten sich überaus ähnlich entweder den hexagonalen oder den rhombischen Substanzen verhalten. In manchem Einzelfalle wird es noch heute praktisch unthunlich sein, sich sicher von der monoklinen Natur des Glimmers zu überzeugen.

Die gesteinsbildenden Glimmer erscheinen, wenn überhaupt äussere Krystallform wahrnehmbar ist, fast ausschliesslich in dünnen hexagonalen Tafeln, deren ebene Winkel scheinbar genau 120° betragen. Seltener erreichen diese Tafeln eine Dicke von mehreren Millimetern, man kann sich alsdann überzeugen, dass nur eines der drei vertikalen Flächenpaare $b = \infty P\bar{\infty}$ (010) senkrecht auf der basischen Endfläche steht. Selten ist es thunlich, die Neigung der andern Flächenpaare gegen die Basis mit hinreichender Genauigkeit bestimmen zu können, um sie sicher krystallographisch zu deuten. Man begegnet am häufigsten den Flächen $c = oP$ (001), $b = \infty P\bar{\infty}$ (010), $m = P$ ($\bar{1}11$), $o = -\frac{1}{2}P$ (112) an den Glimmern der Biotitreihe (Fig. 180), bezogen auf ein Axensystem $a : b : c = 0.5774 : 1 : 2.217$, $\beta = 84° 55'$. Nur sehr selten treten ein Orthodoma $mP\bar{\infty}$ (hol) oder Flächen aus einer Zone $oP : \infty P\bar{3}$ hinzu. Gelegentlich aber herrscht das Orthodoma und die Längsfläche derart vor, dass (z. B. in manchen Lipariten, Trachyten und Andesiten) die Glimmertafeln rectangulär begrenzt erscheinen, wie dieses auch O. Mügge* an azorischen Amphibol-Andesiten beobachtete. — Bei den Glimmern der Phlogopit- und Muscovitreihe erscheinen öfters die Flächen $M = -2P$ (221) und ein Klinodoma. Die wichtigsten Winkel sind $c : o = 106° 58'$, $c : m = 98° 41'$, $c : M = 94° 22'$ $c : b = 90°$, $m : m = 120° 44'$ für die Meroxene und wenig abweichend für die Muscovite. — Die aus porphyrischen Gesteinen oft leicht herauszuschälenden Glimmertafeln zeigen nicht selten auf den Flächen der fast vertikalen Zonen deutlich einspringende Winkel in Folge einer Zwillingsbildung, wobei die Individuen symmetrisch zu einer auf oP (001) senkrechten und in der Zone zu dem linken oder rechten Prisma liegenden Fläche stehen. Die häufigste Art der Verwachsung ist dann diejenige, dass sich die Zwillings-

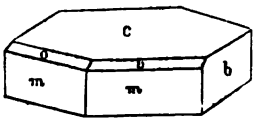


Fig. 180.

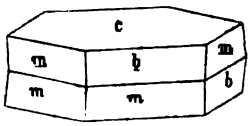


Fig. 181.

* Petrographische Untersuchung an den Gesteinen der Azoren. L. J. 1883 II. 282.

individuen mit der Basis berühren (Fig. 181). Sehr verbreitet ist auch der Fall, dass sich zwei oder mehrere Individuen ziemlich regellos durchdringen, so dass also ein dünnes Spaltblättchen von zwei oder drei Individuen gebildet wird, deren Grenzen gegen einander unregelmässige Linien sind. In manchen Gesteinen (zumal Minetten) sind die Glimmerblättchen nach einer Diagonale in die Länge gezogen und bei zwillingsartiger Verwachsung solcher treten dann die Einzelindividuen randlich frei heraus, wie Fig. 182 schematisch zeigt. Verhältnissmässig sehr selten ist die Berührungsebene der Zwillinge eine Randfläche. Die einspringenden Winkel der Zwillinge fand Tschermak an einem Vesuvkrystall m : m' = 162° 35' und m : b, = 171°19'. — Ziemlich selten sind Zwillingsbildungen mit gemeinschaftlicher Endfläche, wobei die Individuen um 30° gegen einander gedreht sind, die Zwillingsebene also der Zone oP : ∞P3̄ (001 : 130) angehört.

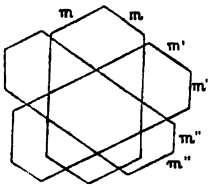


Fig. 182.

Die Durchschnitte der Glimmerkrystalle und Zwillinge sind demnach hexagonal, sehr selten leistenförmig, nach der Basis; mehr oder weniger schmal leistenförmig senkrecht oder schief zu derselben.

Die Dimensionen der Glimmerkrystalle sinken bis zum Mikrolithischen hinab; Wachsthumsformen und Krystallskelette scheinen nicht vorzukommen. Jedoch findet man, zumal in glasigen Gesteinen, wohl parallele Verwachsung sehr kleiner Täfelchen zu einem grösseren Krystall.

In manchen Gesteinen fehlt dem Glimmer, von der basischen Endfläche abgesehen, jede krystallographische Umgrenzung; derselbe bildet dann mannichfach gezackte und gelappte Blättchen oder bald parallele, bald rosettenartige Aggregate solcher, welche zu Schalen und Kugeln auswachsen können. Die Schnitte nach der Blattfläche sind alsdann regellos, die randlichen Schnitte stets leistenförmig.

Zonare Structur oder isomorphe Schichtung ist bei den dunklen Glimmern der Biotit- und Phlogopitreihe nicht selten; dabei lässt sich deutlich erkennen, dass der Wachsthumsfortschritt bald den Randflächen parallel geht, bald der Basis folgt. Im ersten Falle bilden die Wachsthumsstreifen concentrische Hexagone, im zweiten parallele Linien. — Nach ganz den gleichen Richtungen vollziehen sich die Verwachsungen verschiedener Glimmerarten (Biotit und Muscovit) miteinander, welche in den ächten Graniten weit verbreitet sind. Bald umhüllt der Muscovit den Biotit mantelförmig,

bald über- und unterlagert er ihn nur, aber stets liegt der Biotit innen, der Muscovit aussen. — Ausser der vollkommen parallelen Verwachsung kommt auch eine zwillingsartige Verwachsung vor, wobei die eine Art gegen die andere so gedreht erscheint, dass ihre Symmetrieebenen um 60° verwendet sind. Solche Verwachsungen constatirte v. Lasaulx zwischen Muscovit und Biotit von Middletown in Connecticut (L. J. 1878. 630), Scharizer für Muscovit und Lepidomelan, sowie für Muscovit und Lepidolith von Schüttenhofen in Böhmen (Z. X. 1887. XII. 11 u. 1888. XIII. 22).

Chemische Corrosionen finden sich vorwiegend an den älteren Einsprenglingen der Biotitreihe in porphyrischen Gesteinen und auch hier am häufigsten in einer Form, die mehr eine randliche Umwandlung darstellt und an anderem Orte besprochen werden wird. Mechanische Deformationen (Knickungen und Verschiebungen nach den Gleitflächen, Biegungen der Krystalle und Auswalzungen derselben) sind an allen Glimmerarten häufig auftretende Erscheinungen. Knickungen und Verschiebungen nach den Gleitflächen finden sich besonders an den Einsprenglingen der porphyrischen Eruptivgesteine (Taf. IV Fig. 2); auf den Gleitflächen sind dann gern Infiltrationsproducte (Eisenerze und Carbonate) abgelagert. Verschiebungen der einzelnen Blättchen eines Krystalls nach der Hauptspaltfläche, welche bis zu vollständigem Auswalzen desselben zu lose gereihten, stark in einer Richtung verlängerten Schuppen führen kann, trifft man besonders in den granitischen Gesteinen stark gefalteter Gebirge und in den krystallinen Schiefern.

Alle Glimmer spalten sehr vollkommen nach der basischen Endfläche und die Spaltblättchen sind bei hinreichender Dünne elastisch biegsam. Dementsprechend lassen die basalen Schnitte derselben keine, alle andern sehr scharfe und zahlreiche, einander und der Leistenseite parallele Spaltrisse unter dem Mikroskop wahrnehmen (Taf. X Fig. 1). Die Elasticität der Spaltblättchen ist am grössten bei den Glimmern der Muscovitreihe, neigt gar oft ins Spröde bei den Phlogopiten und Biotiten und verliert sich rasch bei beginnender Umwandlung der letztgenannten Glimmer in chloritische Aggregate, indem sie gemeiner Biegsamkeit Platz macht. Diese vollkommene basale Spaltbarkeit ist eines der wichtigsten Erkennungsmittel der Glimmermineralien, welches in ähnlicher Ausbildung nach Art und Grad nur noch bei den Sprödglimmern und Chloriten wiederkehrt. — Durch die Forschungen von E. Reusch und M. Bauer sind an den Glimmern weitere Cohäsionsminima bekannt geworden,

die ebenso wie die basale Spaltung von höchster diagnostischer Bedeutung sind. Treibt man in ein Glimmerspaltblatt eine scharfe Nadelspitze durch einen raschen elastischen Schlag ein, so entsteht bei gutem Gelingen der Operation um den Schlagpunkt herum ein sechsstrahliger Stern, dessen Strahlen sich unter 60° schneiden und (Fig. 183) parallel gehen der Kante c : b und den beiden Kanten c : m. Den einen, der Projection der Symmetrieebene auf die Basis

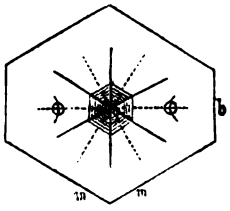


Fig. 183 a.

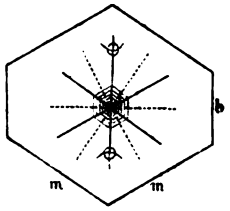


Fig. 183 b.

parallelen Strahl nennt man den charakteristischen oder Leitstrahl. Er ist von grosser Wichtigkeit für die optische Bestimmung der Glimmer. Im Centrum dieser Schlagfigur, um das kleine Loch, welches die eindringende Nadel bildete, lassen sich oft eine Anzahl kleiner concentrischer Hexagone wahrnehmen, deren Seiten den Strahlen der Schlagfigur parallel laufen. Diese Hexagone fehlen stets, wenn

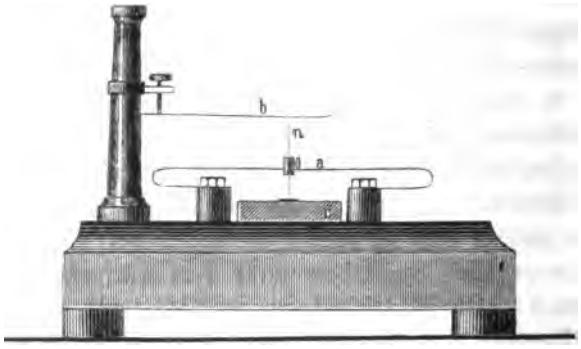


Fig. 184.

es gelingt (bei sehr dünnen und elastischen Blättchen) die Schlagfigur hervorzubringen, ohne dass die Nadel merklich in das Blättchen eindringe. Die bei der Gesteinsuntersuchung gewöhnlich erzielten Glimmerblättchen sind zu klein, um mit den gewöhnlichen Mitteln diese Schlagfigur zu erzeugen. Man bedient sich dazu mit Vortheil eines kleinen, von G. Lattermann construirten Apparates (Fig. 184). Das äusserst feine Nädelchen *n*, welches in einer kleinen Büchse

verstellt werden kann, wird durch die in ein Metallsäulchen eingelassene Uhrfeder *b* in das auf der Unterlage *c* ruhende Glimmerblättchen eingetrieben. Die Nadel *n* wird von einer gebogenen Uhrfeder elastisch getragen. Die Unterlage *c* besteht am besten aus einem Korkstück, welches auf sehr feinem Sandpapier glatt gerieben wurde. Es ist wichtig für die gute Führung der Schlagnadel, dass die Spitze derselben das Glimmerblättchen fast berühre; ebenso muss die Feder *b*, welche man auf die Nadel niederfallen lässt, recht nahe über dem Nadelende schweben. Die Figur giebt den Apparat in natürlicher Grösse. K. J. V. Steenstrup erreicht denselben Zweck auf folgende noch einfachere Art. In einem unten etwas ausgezogenen und zugespitzten Glasröhrchen von 9—10 cm Länge und 6 mm Weite gleitet ohne Reibung ein zweites Röhrchen, das in einem Holzstöpsel eine sehr feine Nadel trägt. Durch Verschiebung des Holzstöpsels kann man es leicht erreichen, dass die Nadel bei vollem Fall des innern Röhrchens eben noch aus dem zugespitzten Ende des äussern Röhrchens heraustritt. Die Stärke des Stosses wird modificirt durch die Höhe des Falls, den man dem innern Röhrchen giebt. Er beschrieb den kleinen, äusserst praktischen Apparat in Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1888. X. 113. Man erhält mit beiden Apparaten die Schlagfigur in vorzüglicher Schönheit noch in Blättchen von etwa 0.5 mm Seitenlänge, wenn die Blättchen dünn genug sind. Der Theilbarkeit, welche durch die Strahlen dieser Schlagfigur angedeutet wird, entspricht kein mikroskopisch wahrnehmbares Phänomen in der Structur der Glimmer.

Drückt man dagegen auf ein Glimmerspaltblatt mit einer stumpfen Spitze ohne dasselbe zu durchbohren, so entsteht gleichfalls ein sechsstrahliger Stern, die Druckfigur, dessen Strahlen sich unter 60° schneiden. Dieselbe ist derart gegen die Schlagfigur verwendet, dass je ein Strahl der Druckfigur senkrecht steht auf einem Strahl der Schlagfigur. In Fig. 183 ist die Druckfigur punktirt angegeben. Die Strahlen der Druckfigur gehen parallel den Kanten oP : mP$\bar{\infty}$ und oP : $\infty\dot{P}3$; sie sind fasrig, nicht scharf, und strahlen gern büschelförmig aus. Es gelingt nicht oft, die Druckfigur so vollkommen scharf zu erhalten, wie die Schlagfigur; es fehlt oft ein oder gar zwei Strahlen oder die vorhandenen Strahlen setzen nicht über ihren Schnittpunkt hinaus fort, so dass der Stern dreistrahlig wird. Mit dem oben beschriebenen kleinen Apparat erhält man die Druckfigur oft, wenn man die Blättchen zu dick

wählte, auf denen eine Schlagfigur hervorgebracht werden sollte. Linien, welche den Druckfiguren parallel gehen und also senkrecht auf der gewöhnlichen Begrenzung der Glimmerblättchen stehen. Falten, deren Axe diesen Linien entspricht und Trennungsflächen, deren Durchschnitt mit der Basis denselben parallel geht, sind in den gesteinsbildenden Glimmern überaus verbreitet (Taf. IV Fig. 2) und offenbar durch den Gebirgsdruck entstanden. Auch ordnen sich die den Glimmern gesetzmässig interponirten Krystalle fremder Körper mit Vorliebe parallel den Strahlen der Druckfigur.

Mit den Aetzfiguren der Glimmer beschäftigten sich Baumhauer und Knop; dieselben wurden natürlich bisher nicht beobachtet und entbehren bei der leichten Verwendbarkeit der Schlagfigur der determinativen Bedeutung.

Die Glimmermineralien werden je nach ihrer chemischen Zusammensetzung mit sehr verschiedenen Farben durchsichtig: die Glieder der Muscovit- und Phlogopitreihe sind farblos bis hellgelblich oder hellgrünlich durchsichtig und zeigen in basalen Schnitten oft wegen der zahlreichen winzigen Schüppchen, die beim Schleifen losreissen, schön irisirende Flecken und Kreise. Die gesteinsbildenden Biotite sind tieffarbig braun oder grün, auch roth bis nahezu undurchsichtig. — Das Brechungsvermögen ist nicht gross, die Doppelbrechung dagegen sehr stark; beide wachsen anscheinend mit dem Eisengehalt. An zahlenmässigen Bestimmungen sind hervorzuheben:

Schwarzer Biotit	$\alpha = 1.586$				Kohlrausch *
Phlogopit, Templeton	1.562	$\beta = 1.606$	$\gamma = 1.606$		Michel-Lévy und Lacroix
Muscovit, Penneville	1.571	1.610	1.613		„ „ „ **
„ Ostindien	α_{Na} 1.5609	β_{Na} 1.5941	γ_{Na} 1.5997		Kohlrausch
„	1.5692	1.6049	1.6117		Matthiessen ***
„	1.5601	1.5936	1.5977		Pulfrich †

Für die Vorkommnisse von Schüttenhofen benützte Scharizer die Chaulnes'sche Methode. Am genauesten sind jedenfalls die drei letztaufgeführten Messungen durch Totalreflexion und die erste. Hiernach ist am Muscovit $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.5838 - 1.598$, $\gamma - \alpha =$

* Physik.-med. Gesellsch. Würzburg. Sitzung vom 23. Juni 1877.

** Der Fundort Penneville ist in dem Werke der genannten Autoren: „Les minéraux des roches" angegeben; in der früheren Originalmittheilung stand Hitteroe. Bei Penneville kommt sonst Phlogopit vor.

*** Zeitschr. f. Math. u. Phys. 1878. XXIII. 187.

† Wiedem. Annal. 1887. XXX. 499.

$0.0376 - 0.0425$, $\gamma - \beta = 0.003 - 0.0068$, $\beta - \alpha = 0.0332 - 0.039$. — Bei dem Phlogopit wäre $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.591$, die Doppelbrechung $\gamma - \alpha = \beta - \alpha = 0.044$, $\gamma - \beta = 0$, entsprechend dem Werthe des Winkels der optischen Axen $= 0°$. Bei den Biotiten ist das Brechungsvermögen und die Doppelbrechung noch etwas stärker. Michel-Lévy fand am Biotit von Pranal $\gamma - \alpha = 0.06°$. Die aus diesen Verhältnissen sich ergebenden lebhaften Interferenzfarben sind ein wichtiges Kriterium gegenüber den schwach doppelbrechenden Chloriten.

Alle Glimmer sind optisch negativ und die spitze Bessectrix a steht immer nahezu senkrecht auf der Spaltfläche oP. Die Abweichung der Bissectrix von der Normalen auf oP beträgt meistens kaum messbare Grössen, wächst aber in manchen Glimmern bis zu 9° an. Die Axenebene fällt bei einigen Glimmern (Meroxen, Lepidomelan, Phlogopit, Zinnwaldit) mit der Symmetrieebene zusammen, ihre Trace auf der Basis geht somit parallel dem Leitstrahl der Schlagfigur und steht senkrecht auf einem Strahl der Druckfigur; man nennt diese Arten nach dem Vorgang von Reusch „Glimmer zweiter Art" (Fig. 181 b). Bei den Muscoviten, den meisten Lepidolithen*, Phengiten, Paragoniten und Anomiten steht die Axenebene senkrecht auf der Symmetrieebene (Fig. 181 a), ihre Trace auf oP also auch senkrecht zum Leitstrahl der Schlagfigur und parallel einem Strahl der Druckfigur; man nennt sie „Glimmer der ersten Art". Der Axenwinkel schwankt von nahezu 0° bei Lepidomelanen, manchen Biotiten und Anomiten bis etwa 80° bei manchen Glimmern der Muscovitreihe.

Da die erste Bissectrix a fast genau senkrecht auf der Basis steht, so fällt bei den Glimmern zweiter Ordnung die zweite Bissectrix c fast genau mit der Klinodiagonalen $\grave{a}$, die Axe mittlerer Elasticität genau mit der Symmetrieaxe zusammen; bei den Glimmern erster Ordnung wird nahezu genau b mit $\grave{a}$, c genau mit b zusammenfallen. Hieraus ergiebt sich, dass in allen nicht basalen Schnitten die Auslöschung zwischen gekreuzten Nicols parallel und senkrecht zur Spaltbarkeit geht. In der That ist eine „Auslöschungsschiefe" nur selten (Anomit des Katzenbuckels und Steinsberges bei Weiler, Meroxene der Azorengesteine**, mancher Theralithe und Monchiquite) und besonders deutlich bei Zwillingen in den Schnitten

* An den Lepidolithen von Schüttenhofen in Böhmen und Wolkenburg in Sachsen, sowie an einem sibirischen fand Scharizer symmetrische Axenlage.

** O. Mügge l. c. passim.

schief oder senkrecht zur Spaltfläche wahrnehmbar. Bei zwei sich berührenden Zwillingslamellen liegen die Auslöschungen natürlich schief nach den beiden entgegengesetzten Seiten der basalen Spaltrisse. Schnitte durch Glimmer, welche der Spaltung parallel gehen, sind um so deutlicher doppelbrechend, je grösser der Axenwinkel ist und nähern sich um so mehr dem isotropen Verhalten in parallelem Lichte, je näher der Winkel $2V = 0^0$ wird. Demgemäss sind die Glimmer der Biotitreihe in basalen Schnitten oft nicht erkennbar doppelbrechend, sondern anscheinend isotrop. Das Charakteristische im optischen Verhalten der Glimmermineralien ist also bei den Biotiten grosse Annäherung an das hexagonale, bei den Glimmern der Muscovit- und Phlogopitreihe an das rhombische System.

Ganz analog sind die Erscheinungen im convergenten Lichte: jedes Spaltblättchen liefert sofort ein Axenbild und zwar bei den tiefgefärbten Glimmern der Biotitreihe ein dunkles Kreuz, das sich bei einer Drehung nur wenig, oft gar nicht merkbar öffnet und dessen Schnittpunkt meistens anscheinend genau ins Centrum des Gesichtsfeldes fällt, nur selten deutlich excentrisch liegt. Bei den helleren Glimmern erhält man anscheinend die Interferenzfigur einer senkrecht zur negativen Bissectrix geschnittenen Platte aus einem rhombischen Mineral. Einzelheiten über Grösse der Axenwinkel und Dispersion werden bei den einzelnen Arten gegeben werden.

Die nicht farblosen Glimmer sind stark pleochroitisch und in allen Glimmern werden die parallel der Spaltbarkeit schwingenden Strahlen weit stärker absorbirt, als die senkrecht dazu oscillirenden. Die Absorption der beiden in oder annähernd in der Spaltbarkeit schwingenden Strahlen und die durch den Pleochroismus bedingten Farben sind verschieden bei den einzelnen Glimmerarten und werden bei diesen gegeben werden. — Pleochroitische Höfe (S. 209) kommen um mikroskopische Interpositionen in den verschiedensten Glimmern vor; sie haben stets ihr Minimum von Dunkelheit, wenn das Licht senkrecht zur Spaltbarkeit schwingt.

Das specifische Gewicht der Glimmermineralien wechselt mit der Zusammensetzung zwischen den Grenzen 2.75—3.2 und lässt sich nur schwer mit Sicherheit feststellen; einer genaueren Bestimmung steht die Blattform und die schwere Netzbarkeit der Blättchen durch Flüssigkeiten entgegen. Es schweben daher die Glimmerblättchen eines Gesteinspulvers in Trennungsflüssigkeiten von viel geringerer Dichte, als diejenige der Glimmer ist.

Die chemische Zusammensetzung der gesteinsbildenden Glimmer ist seither nur in geringem Maasse erforscht worden. In der Auffassung dieser chemisch so mannichfachen Silikatfamilie folgen wir F. W. Clarke (Amer. Journ. 1889. XXXVIII. 384), der sie als Substitutionsproducte des normalen Salzes $Al_4(SiO_4)_3$ darstellt. Das giebt als mögliche isomorphe Typen 1) $Al(SiO_4)_3\dot{R}_3Al_2$, 2) $Al(SiO_4)_3\dot{R}_6Al$, 3) $Al(SiO_4)_3\dot{R}_9$, 4) $Al(SiO_4)_3Mg\dot{R}Al_2$, 5) $Al(SiO_4)_3(Mg\dot{R})_2Al$, 6) $Al(SiO_4)_3(Mg\dot{R})_3$ und bei Verdoppelung 7) $Al_2(SiO_4)_6Mg_9$, analog 3). Der Typus 2) kann als Mischung von 1) und 3), der Typus 5) als Mischung von 4) und 6), die Typen 5) und 6) als Mischungen von 3) und 7) angesehen werden, so dass nur 1), 3), 4), 7) als nöthig erscheinen. In diesen allgemeinen Formeln kann Si durch Ti in nicht unbedeutender, Al durch $\dddot{Fe}$ in beträchtlicher, auch durch $\dddot{Cr}$, Mg durch Fe in beliebiger Menge vertreten werden. Mn kommt (vom Manganophyll abgesehen) nur in sehr untergeordneter Menge vor. $\dot{R}$ bedeutet H, K, Na, Li. Der Fluorgehalt mancher Glimmer wird in der Form MgFl oder $AlFl_2$ als einwerthige Gruppe, überschüssiger Sauerstoff in der einwerthigen Gruppe AlO und MgOH angenommen. Niedrigere Sauerstoffverhältnisse erklären sich durch isomorphe Vertretung der Orthokieselsäure H_4SiO_4 durch die gleichwerthige $H_4Si_3O_8$, eine Vertretung, die analog in der Feldspath- und Skapolithreihe wiederkehrt. — Die Glimmer der Muscovitreihe werden von Salzsäure nur wenig, die Phlogopite leichter, die Biotite und zumal die Lepidomelane sehr stark angegriffen, ja vollständig zerstört unter vorwaltender Ausscheidung der Kieselsäure in Blättchen.

Die Entstehung des Glimmers bei Hüttenprocessen wurde zuerst von J. H. L. Vogt* an einer Kupferrohschlacke von Garpenberg in Schweden genau erforscht und gegenüber den Anzweiflungen früherer Beobachtungen festgestellt. — Die künstliche Darstellung war lange vergeblich versucht. Sie glückte wohl zuerst Hautefeuille und Péan de Saint Gilles** durch Schmelzen der Bestandtheile eines eisenreichen Glimmers mit Kieselfluorkalium. — K. von

* Studier over Slagger. Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handl. Bd. 9. No. 1. Stockholm. 1884. 39. Om kunstlig Dannelse af glimmer. Christiania Vid. Selsk. Forhdl. 1887. No. 6. Berg- und Hüttenmänn. Zeit. 1888. II und Mineralbildung in Schmelzflüssen, Archiv for Math. og Naturvid. Christiania 1890. XV. 1.

** C. R. 1887. CIV. 508.

Chrustschoff* erhielt Glimmerkryställchen zweiter Art, als er ein künstlich dargestelltes Silikatglas von ähnlicher Zusammensetzung wie manche Basalte mit den Bestandtheilen eines Eisenmagnesiaglimmers und einem Gemisch von Kieselfluorkalium, Fluornatrium, Fluoraluminium und Fluormagnesium im Verhältniss von 2 : 1 : 1 unter Zusatz von etwas amorpher SiO_2 schmolz. — C. Dölter** gelang die Darstellung von verschiedenen Glimmermineralien (Biotit, Muscovit, Zinnwaldit) durch Zusammenschmelzen von basaltischer Hornblende, von Pargasit, von Glaukophan, Almandin, Pyrop mit NaFl und $MgFl_2$, ebenso durch Schmelzen von Tiroler Andalusit mit Kieselfluorkalium und Fluoraluminium, unter Zusatz von Lithiumcarbonat bei der Darstellung von Zinnwaldit und durch mehrere andere analoge Mischungen. Zur Bildung von Glimmermineralien aus Schmelzfluss scheinen darnach flüchtige Agents minéralisateurs nothwendig zu sein.

Mit dem Namen Biotit sollen hier die von Tschermak als Meroxen und Lepidomelan bezeichneten Arten der Magnesiaglimmer (Biotitreihe) zusammengefasst werden. Sie sind isomorphe Mischungen der Verbindungen $Al(SiO_4)_3\overset{I}{R}_3Al_2$, $Al(SiO_4)_3\overset{I}{R}_9$ und $Al_2(SiO_4)_6Mg_9$, worin $\overset{I}{R}$ wesentlich K und H, nur in geringen Mengen auch Na, kaum je Li ist. Fluor ist selten vorhanden. Al und Mg werden oft in sehr reichlicher Menge durch die gleichwerthigen $\overset{III}{Fe}$ und $\overset{II}{Fe}$ vertreten. Ein Ueberschuss an Sauerstoff deutet auf die Gruppen AlO oder MgOH. Es sind die schwersten Glimmer von einem mit dem Eisengehalt steigenden specifischen Gewicht 2.8—3.2. Alle Biotite sind Glimmer zweiter Art, die Ebene der optischen Axen liegt in der Symmetrieebene; die Neigung der Bissectrix a zur Normalen auf oP ist im Allgemeinen sehr klein, der Axenwinkel äusserst schwankend. Bei den gesteinsbildenden Biotiten ist der Axenwinkel meistens sehr klein, so dass die Zweiaxigkeit bisweilen kaum sicher zu constatiren ist. Doch finden sich auch hier Werthe für $2E$, welche die von Tschermak angegebene Grenze von 56° merklich übersteigen. So beobachtete G. Lattermann an den rothbraunen Biotiten des Nephelinbasaltes vom Katzenbuckel im Mittel $2E = 62°$, bei solchen des Glimmerandesits von Repistye bei Schemnitz $2E = 72° 30'$. — Die im All-

* T. M. P. M. 1887. IX. 55.

** T. M. P. M. 1888. X. 67 und L. J. 1888. II. 178.

gemeinen nicht oder kaum 1° erreichende Neigung der Bissectrix zur Normalen auf oP wächst in einzelnen Fällen nicht unbeträchtlich. So fand sie Mügge bis zu 4° an den Biotiten der Azorentrachyte, G. Lattermann zu 3° 15′ an denen des Andesits von Repistye, 3° 30′ an solchen von Volcano, 5° an den Biotiten des Ditroits, 8° 40′ an denen des Katzenbuckels. Starke Auslöschungsschiefen sind also anscheinend an grosse Axenwinkel und Na-reiche Gesteine als Mutterlaugen gebunden. In welcher Weise der Axenwinkel von der chemischen Zusammensetzung abhängt, ist noch nicht erkannt. Sehr kleine Axenwinkel kommen bei sehr schwach und sehr tief gefärbten Biotiten vor; die grossen Axenwinkel ausschliesslich bei tiefgefärbten. — Der Pleochroismus ist stets stark; die parallel der Spaltbarkeit schwingenden Strahlen (b und c) werden bei den tiefergefärbten Biotiten der Gesteine nahezu vollständig, die parallel a schwingenden nur wenig absorbirt. Unterschiede zwischen den nach b und c schwingenden Strahlen sind um so deutlicher, je grösser der Winkel 2E ist, und zwar wird bald b, bald c stärker absorbirt. Das Absorptionsschema ist also $c \leqslant b > a$. Blättchen parallel der Spaltbarkeit sind tiefbraun oder tiefgrün bis undurchsichtig schwarz mit geringem Unterschiede der Farbe bei Drehung über dem Polarisator; gegen die Spaltbarkeit geneigte Schnitte sind tiefbraun oder tiefgrün, sobald die Spaltrisse parallel dem Hauptschnitt des Polarisators liegen, hellgelb bis roth oder hellgrün bei dazu senkrechter Lage. Aehnlich starke Absorptionsunterschiede zeigen nur noch manche basaltische Hornblenden und Turmalin.

Der Biotit tritt gleichmässig verbreitet in den massigen Gesteinen, wie in den krystallinen Schiefern auf und gehört zu den charakteristischen Neubildungen in gewissen Contactgesteinen. Im Bereich der eruptiven Gesteine gehört er zu den älteren Ausscheidungen und seine Bildung folgt unmittelbar derjenigen der Erze, des Zirkon und Apatit, welche Mineralien mit Vorliebe als Einschlüsse in dem Biotit auftreten. Ebenso finden sich allenthalben, wenn auch nicht gerade häufig Flüssigkeitseinschlüsse. Im Dünnschliff allerdings pflegt man dieselben nicht zu gewahren, da sie bei der Operation des Schleifens zumeist entweichen; dagegen trifft man sie bei aufmerksamer Beobachtung in lose abgehobenen Blättchen öfter, als man bei der vollkommenen Spaltbarkeit des Minerals erwarten sollte. Dieser frühen Entstehung entspricht auch die stets mehr oder weniger idiomorphe Begrenzung. In allen Eruptiv-

gesteinen kommen Zwillinge vor, die allerdings zumeist nur an gewissen Störungen der Interferenzbilder im convergenten Lichte und am Pleochroismus der zur Basis geneigten Schnitte bemerkbar werden. Wo die Interferenzfigur deutlich zweiaxig ist, da sieht man oft, dass die Axenringe in Hälften zerfallen, welche nicht genau aufeinander passen, eine Erscheinung, welche von Bauer durch Ueberlagerung eines Krystalls durch ein dünnes, um 60° dagegen verwendetes, also in Zwillingsstellung nach ∞P (110) befindliches Blättchen nachgeahmt wurde. — Da die nach b und c schwingenden Strahlen verschieden stark absorbirt werden und die einen Zwillingskrystall aufbauenden Blättchen in verschiedener Richtung von dem Schnitt getroffen werden, so zeigen dieselben verschiedene Färbung zufolge des Pleochroismus und verschiedene Interferenzfarben zwischen gekreuzten Nicols. — Pleochroitische Höfe im Biotit lassen sich durch starkes Glühen ebenso zerstören, wie in andern Mineralien, nur merklich schwerer.

Der Biotit der älteren körnigen Massengesteine umschliesst gelegentlich in grosser Menge Rutilnadeln und Sagenitgewebe; diese sind in manchen Fällen (Glimmerdiorit vom Lippenhof bei Triberg)*, zweifellos primäre Einlagerungen, in andern Fällen (in vielen Minetten, fast allen Kersantiten und vielen Dioriten)** wahrscheinlich secundär, da sie nur in den nicht frischen Biotitblättchen auftreten, den vollkommen frischen fehlen. Sie deuten einen Titangehalt des frischen Biotit an. Die primären, wie die secundären Rutilnadeln liegen nur selten ganz regellos, sehr oft in drei Systemen, die sich unter 60° schneiden und den Strahlen der Druckfigur parallel gehen (Taf. XX Fig. 5). Ausnahmsweise findet man auch einzeln Nadeln des Rutil parallel den Strahlen der Schlagfigur und zwar fast stets parallel dem Leitstrahl gelagert.

---

* G. H. Williams, Die Eruptivgesteine der Gegend von Triberg im Schwarzwald. L. J. B.-B. II. 1882. 617.

** F. Zirkel, Die Zusammensetzung des Kersanton. Ber. K. sächs. Ges. Wiss. 1875. 222. — E. Kalkowsky, Das Glimmerschiefergebiet von Zschoppau im sächsischen Erzgebirge. Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 701; cf. auch L. J. 1880. I. 33. — A. Sauer, Ueber Conglomerate in der Glimmerschieferformation des sächsischen Erzgebirges. Zeitschr. f. d. ges. Naturw. Halle a. S. 1879. LII. 713. — Ch. W. Cross, Mikroskopische Untersuchungen an bretonischen Gesteinen. T. M. P. M. 1880. III. 372. — F. Becke, Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. T. M. P. M. 1881. IV. 299. — Hj. Gylling, Några ord om Rutil och Zirkon med särskild hänsyn till deras sammanväxning med Glimmer. Geol. Fören. i Stockholm. Förhandl. 1882. VI. 162.

In den porphyrischen Gesteinen tritt der Biotit gewöhnlich nur in einer ältesten Generation auf, seltener wiederholt sich die Biotitbildung in einer zweiten Generation als Gemengtheil der Grundmasse. Wo nun in den wechselnden Perioden der Gesteinsentwicklung der ältere Biotit der magmatischen Corrosion ausgesetzt war, umgiebt er sich, ebenso wie die basaltische Hornblende, mit einem dunklen Rande, der aus einem Gemenge von Magnetit und Augit besteht. Dieser Rand ist um so ausgeprägter, je mehr die Grundmasse holokrystallin sich entwickeln konnte, fehlt dagegen in den Gesteinen mit glasiger Basis, weil hier die Verfestigung sich vollzog, ehe Zustände eintreten konnten, welche die Existenz des Biotit gefährdeten. Glaseinschlüsse pflegen in den Biotiten nicht wahrnehmbar zu sein.

In regelmässiger Verwachsung findet sich der Biotit der Eruptivgesteine mit basaltischer und gemeiner Hornblende und mit Augit; die Basisfläche desselben fällt alsdann zusammen mit den Spaltflächen jener Mineralien, so in Graniten, Syeniten, Dioriten, Trachyten, Andesiten u. s. f. Mit Kaliglimmer verwachsen erscheint er nur in den echten Graniten.

Der Biotit der krystallinen Schiefer ist im Allgemeinen nicht idiomorph, sondern bildet unregelmässig begrenzte, gern in der Richtung der Schieferung oder Flaserung ausgezogene Lappen und Blättchen. Er besitzt im Uebrigen die Eigenschaften des Biotit der massigen Gesteine. Hervorzuheben ist die häufige Verwachsung mit Muscovit und Paragonit, die ihn vollkommen umranden oder nur in der Richtung der Flaserung sich an ihn heften. Auch die Rutilinterpositionen der körnigen Massengesteine kommen vor. Phänomene der chemischen Corrosion fehlen gänzlich, solche der mechanischen Deformation sind überaus verbreitet. Die Farbe ist meistens braun, wie bei den Massengesteinen, doch kommen grüne Farben nicht allzu selten vor, zumal neben grünem Amphibol, während grüner Biotit in den porphyrischen Massengesteinen nie, in den körnigen sehr selten auftritt.

Der Biotit, welcher zu den bezeichnendsten Mineralien der Hornfelse in der Granitcontactzone gehört, bildet rundliche bis zackige Blättchen von höchst charakteristischer chocoladebrauner Farbe; nur an wenigen Localitäten ist er grün und dann gewöhnlich schwach pleochroitisch.

Die Biotite sind verhältnissmässig leicht sich zersetzende Mineralien. Unter der Einwirkung der natürlichen Reagentien tritt

anfangs eine Umänderung der braunen Farbe in Grün ein, ohne dass dabei die optischen Eigenschaften verloren gingen; nur die Elasticität der Blättchen verliert sich. In einem weiteren Stadium blasst die grüne Farbe mehr und mehr ab, bis der Glimmer vollständig gebleicht ist. Dieser Vorgang, der wesentlich eine Auslaugung des Eisengehaltes zu sein scheint, beginnt von der Peripherie aus und schreitet von da auf den Blätterdurchgängen oft sehr unregelmässig fort. — In andern Fällen wird der Biotit in grünen Chlorit umgewandelt; die starke Doppelbrechung nimmt rasch ab, die deutliche Blätterstructur macht einer schuppig-fasrigen Platz, derzufolge mit diesem Vorgange sehr oft eine randliche Ausfaserung und Aufblätterung des Biotit verbunden ist (Taf. XX Fig. 6). Gleichzeitig scheiden sich dann gern zwischen den Blättern des Biotit linsenförmige Massen von Carbonaten, die mit Quarz und Eisenerzen gemengt sind, ab; oder aber statt der Carbonate und des Quarzes tritt unter den gleichen Verhältnissen Epidot auf. Bei weiterem Fortschreiten dieses Vorganges wird der Biotit vollständig zu einem Gemenge von Carbonaten oder Epidot mit Eisenerzen und Quarz pseudomorphosirt.

Als Anomite sind hier diejenigen gesteinsbildenden Glimmer zusammengefasst, welche nach Habitus und Farbe zu der Biotitreihe gehören, sich vom Biotit jedoch dadurch unterscheiden, dass die Ebene der optischen Axe nicht parallel dem Leitstrahl ist, also nicht in der Symmetrieebene liegt, sondern dazu senkrecht. In der Form und dem Pleochroismus sind sie ganz ähnlich den Biotiten; auch die Zwillingsbildung, die hier besonders häufig vorkommt, ist dieselbe. Die Neigung der Bissectrix a zur Normalen auf oP ist im Allgemeinen grösser, als Tschermak das für die von ihm allein als Anomite bezeichneten Glimmer von Greenwood Furnace und vom Baikalsee fand. Dieselbe erreicht bis zu 4° und erleichtert ausserordentlich die Erkennung der Zwillinge in Längsschnitten. Der Winkel der optischen Axen ist klein, etwa 10°, erreicht aber in manchen Vorkommnissen 25° und mehr. Ebenso fand Tschermak die Dispersion $\varrho > v$, während bei den gesteinsbildenden Anomiten dieselbe häufiger $\varrho < v$ ist. Offenbar sind also hier Anomit auch Glimmer der zweiten Art genannt, welche nicht mit dem Anomit Tschermak's direct vereinigt werden können. Zu dieser vorläufigen Vereinigung nöthigt jedoch der Mangel an chemischen Untersuchungen an den gesteinsbildenden dunklen Glimmern der Biotitreihe mit normalsymmetrischer Axenlage.

Fr. Becke* fand den Anomit als Gemengtheil eines Quarzdioritporphyrits von Steinegg in Niederösterreich in zonar struirten Krystallen; das Centrum von hellgrünlichbrauner Farbe wird von einer dunkelbraunen Schale umgeben, die sich anscheinend einaxig verhält. Darnach würde der negative Axenwinkel mit dem Eisengehalt bei den Anomiten abnehmen, was auch Tschermak an den citirten Vorkommnissen fand. — Als Neubildung in einem umgewandelten Olivinfels, welcher lagerartig im Dioritschiefer auftritt, fand ihn Becke** bei Dürnstein in Niederösterreich. Die Farbe ist rothbraun, $2E = 18^0\ 54'$. — Eichstädt*** erkannte ihn in grossen Blättern in einem von Törnebohm beschriebenen sog. Melilithbasalt von Alnö; derselbe ist gleichfalls rothbraun, $2E = 8^0—10^0$. Auch G. Lattermann† bestimmte den tombackbraunen Glimmer eines sog. Melilithbasalts von Kåtan auf Alnö als Anomit mit schwankendem Axenwinkel ($2E = 0^0—25^0$) und einer mit dem Axenwinkel in gleichem Verhältniss zunehmenden Auslöschungsschiefe. Die Dispersion war $\varrho < v$, wie bei den Biotiten. Dagegen erwies sich ihm ein durchaus ähnlicher Glimmer aus demselben Gestein des Fundortes Stornäset auf Alnö als Biotit. Auch sonst fand derselbe Anomit und Biotit neben einander in demselben Gestein, so z. B. im Kersantit von Michaelstein bei Blankenburg a. H. ($2E = 10^0—22^0$), im Glimmerandesit von Repistye bei Schemnitz ($2E = 10^0—40^0$), in den Nephelingesteinen des Katzenbuckels ($2E = 40^0$ etwa). Die Dispersion ist allenthalben diejenige der Biotite $\varrho < v$; die Absorption bald $\mathfrak{b} > \mathfrak{c}$, bald $\mathfrak{c} > \mathfrak{b}$, stets $\mathfrak{a} < \mathfrak{c}$ und $\mathfrak{b}$. Dieses Zusammenauftreten von Anomit und Biotit in demselben Gestein constatirte auch J. Francis Williams†† an dem Trachyt des Monte Amiata; für beide war $\varrho < v$. — Ussing meint, dass auch der mit dem Sapphirin bei Fiskernäs in Grönland vergesellschaftete Glimmer wahrscheinlich Anomit sei. — Sicher gehört zu den Anomiten der Glimmer in dem Verit Osann's (Z. D. G. G. 1889. XLI. 306) mit $\mathfrak{a}$ fast farblos, $\mathfrak{b}$ hellbräunlich, $\mathfrak{c}$ canariengelb und $\mathfrak{b} > \mathfrak{c} > \mathfrak{a}$. Die Farbe der gesteinsbildenden Anomite ist stets braun oder rothbraun, nie eigentlich grün. Auch sind die Anomite der Gesteine etwas spröde, so dass es schwer hält,

---

* T. M. P. M. 1882. IV. 151.
** T. M. P. M. 1883. V. 332.
*** Geol. Fören. i Stockh. Förhdl. 1884. VII. No. 87. 194.
† Unveröffentlichte Beobachtung.
†† L. J. B.-B. V. 1887. 429.

Blättchen von gleicher Dicke bei einiger Oberflächenausdehnung zu erhalten.

Als Rubellan hat Breithaupt roth- bis rostbraune, mehr oder weniger stark mit Eisenocker und Eisenglanz durchsetzte vulkanische Biotite bezeichnet, welche einschlussartig in Tuffen und Laven des Laacher Sees und des böhmischen Mittelgebirges verbreitet sind. Der Name ist später auf ähnlich aussehende, z. Th. auch durch Ausscheidung von Eisenoxyd gefärbte, nicht mehr elastisch biegsame Biotite älterer Eruptivgesteine angewendet worden. Die inneren Lamellen der Rubellane besitzen oft noch die Eigenschaften der unzersetzten, eisenreichen Biotite. Eine mikroskopische und chemische Untersuchung der Rubellane des Laacher Sees und von Schima hat M. U. Hollrung* geliefert.

Zu den Glimmern der Phlogopitreihe gehören der Phlogopit und Zinnwaldit. Beide treten, wenn auch in beschränktem Maasse, gesteinsbildend auf. Beide sind Glimmer zweiter Art; die negative Bissectrix steht merklich schief ($2\frac{1}{2}^0$—4^0) auf der Basis. Die chemische Zusammensetzung der Phlogopite scheint wesentlich $Al(SiO_4)_3$ Mg_3 R_3 zu sein; es fehlt in einigen Analysen an Al. Die Gruppen Mg Fl und MgOH treten oft reichlich auf. — Der Zinnwaldit besteht aus Mischungen der Typen $Al(SiO_4)_3$ $\overset{\blacksquare}{Fe}_3$ $\overset{I}{R}_3$ mit $Al(SiO_4)_3$ $\overset{I}{R}_9$ und $Al(SiO_4)_3$ Al_2 $\overset{I}{R}_3$, wobei statt der Orthokieselsäure z. Th. die Trikieselsäure $H_4Si_2O_8$ eintritt.

Der Phlogopit scheint wesentlich auf den körnigen Kalk der krystallinen Schieferformation beschränkt, in welchem er Krystalle und Blätter bildet. Er wird farblos bis gelblich oder grünlich, selten bräunlichgelb durchsichtig; sein Pleochroismus ist gering, die Absorption $c > b > a$. Dispersion $\varrho < v$, wie bei Biotit.

Bekannt ist der Reichthum an Einschlüssen in den grossen Phlogopiten der canadischen Vorkommnisse, sowie denjenigen der Vereinigten Staaten. Neben Quarz und Granat in ganz flachen Täfelchen findet sich Eisenglanz besonders häufig in undurchsichtigen oder roth bis gelb und graugelb durchsichtigen, überaus dünnen Blättchen, die nach den Strahlen der Druckfigur langgezogen und denselben parallel geordnet sind. An anderen Orten beherbergt er zwischen seinen Blättchen Turmalinkryställchen, die in derselben Weise nach drei sich unter 60° schneidenden Winkeln in Reihen liegen und so dünn sind, dass sie in den lebhaftesten

* Untersuchungen über den Rubellan. T. M. P. M. 1883. V. 304—331.

Newton'schen Farben erglänzen. Sie sind oft die Ursache eines deutlichen Asterismus; statt, auch neben Turmalin tritt Rutil in derselben Anordnung und mit der gleichen Wirkung auf. Auch finden sich dieselben Mineralien in drei weniger ausgeprägten Systemen nach den Strahlen der Schlagfigur und bedingen damit weitere drei Lichtstreifen, wodurch ein sechsstrahliger Asterismus entsteht*.

Die Phlogopite wandeln sich in fasrig-schuppige Massen um, die vorwiegend aus Talk zu bestehen scheinen; dabei tritt nicht selten Rutil als Neubildung auf und deutet auf ursprünglichen Gehalt des Minerals an Titansäure.

Als Zinnwaldit oder Lithionit sind hier fluorhaltige Lithion-Eisenglimmer zusammengefasst, deren Farbe von dunkelbraun in durchfallendem Lichte bis zu hellblond und graulichweiss wechselt. Die Axenebene liegt in der Symmetrieebene, also parallel dem Leitstrahl, der Axenwinkel schwankt sehr stark von etwa 60° bis etwa 10° und wird um so kleiner, je tiefer die Farbe wird, also je höher der Eisengehalt sich erhebt. Bei den hellblonden Varietäten ist die Schiefe der negativen Bissectrix zur Normalen auf oP deutlich wahrnehmbar, bei den tiefer gefärbten scheint sie sehr gering zu werden. Die Dispersion ist schwach $\varrho > \nu$. Der Pleochroismus wechselt zwischen dunkelbraun für c und b, gelbbraun bis röthlich für a bei den dunklen, bräunlichgrau für c und b und fast farblos für a bei den hellen Varietäten. Die Absorption ist stets deutlich $c > b > a$. — Der in der Flamme sofort nachweisbare Lithiongehalt unterscheidet diese Glimmer leicht von allen andern Glimmern zweiter Art, die Lage der Axenebene trennt sie vom Lepidolith; vergl. indessen S. 577, Anmkg. — Das specifische Gewicht schwankt stark mit dem Eisengehalt und steigt bis 3.2. — Auf die weite Verbreitung dieser Glimmer in den zinnerzführenden Graniten des Erzgebirges, Fichtelgebirges, des centralen Frankreich und von Cornwallis aufmerksam gemacht zu haben, ist ein Verdienst Sandberger's. In denselben Graniten tritt gern Topas auf und als mikroskopischer Einschluss in diesen Lithioniten sind Rutil

* G. Rose, Ueber den Asterismus der Krystalle. M. B. A. 1862. October. S. 614. — Ueber die regelmässigen Verwachsungen der verschiedenen Glimmerarten unter einander sowie mit Pennin und Eisenglanz. Ibidem. 1869. April. S. 344. — F. Sandberger, Ueber Rutil in Phlogopit. L. J. 1882. II. 192. — A. Cathrein, L. J. 1888. II. 151. — A. Lacroix, Bull. Soc. min. Fr. 1885. VIII. 99 u. 1889. XII. 341.

und Cassiterit, von pleochroitischen Höfen umgeben, neben Zirkon und Topas nicht gerade selten, aber allerdings sehr schwer zu unterscheiden*. — Findet sich auch in pegmatitischen Ausscheidungen der Granite und Gneisse (Limbach bei Penig, Tharand), dann gern pfirsichblüthroth im auffallenden, farblos im durchfallenden Licht.

Die Glimmer der Muscovitreihe, welche gesteinsbildend auftreten, sind stets hell gefärbt und zeigen nur selten idiomorphe Begrenzung, sondern bilden blättrige Individuen und Aggregate. Sie sind Glimmer der ersten Art, die Axenebene liegt senkrecht zur Symmetrieebene und zum Leitstrahle. Die Dispersion ist $\varrho > v$. Das specifische Gewicht 2.83—2.9. Sie sind die am meisten elastisch biegsamen, am wenigsten spröden Glimmer.

Der Lepidolith, in den reinsten Abarten $Al(SiO_4)_3\ Al_2K\ LiH + Al(Si_3O_8)_3\ K_3Li_3(AlFl_2)_3$, sonst in wechselnden Mengen mit der Muscovitverbindung gemischt, besitzt gewöhnlich in dickeren Blättchen bei auffallendem Lichte blass pfirsichblüthrothe Farbe, wird aber farblos durchsichtig; Pleochroismus ist nicht wahrnehmbar, doch erkennt man an Längsschnitten, dass die in der Spaltung schwingenden Strahlen stärker absorbirt werden, als die dazu senkrecht oscillirenden. Die Bissectrix steht anscheinend senkrecht auf oP (001), der Axenwinkel ist gross, 50°—70°. Ueber gelegentliche symmetrische Axenlage siehe S. 577 Anmkg. Er soll in einigen Graniten (Elba, Schaitansk) und in den pegmatitischen Ausscheidungen mancher Granite und Gneisse den Muscovit begleiten und ist von diesem nur durch die Reaction auf Li mit Sicherheit zu unterscheiden.

Der Muscovit, $Al(SiO_4)_3\ Al_2KH_2$, ist den massigen Gesteinen, wenn man von den Graniten und ganz vereinzelten Quarzporphyren (?) absieht, durchaus fremd; er ist jedenfalls kein vulkanisches Mineral. Dagegen spielt der Kaliglimmer in den Gesteinen der krystallinen Schieferformation, sowie in der Phyllitformation und den regionalmetamorphen Gliedern der Sedimentformationen eine hervorragende Rolle. Man unterscheidet wohl die grossblättrigen Vorkommnisse der Granite, Gneisse und Glimmerschiefer als Muscovite im engeren Sinne von den mehr mikroskopischen oder doch feinblättrigen bis schuppigen und dichten Sericiten der Phyllite, Porphyroide und Thonschiefer. — Die Muscovite sind farblos bis hellgrünlich oder hellgelblich durchsichtig, selten durch Hämatitblättchen roth gefärbt, ohne eigentlichen Pleochroismus, aber mit wohl

* L. J. 1885. II. 88.

erkennbarer stärkerer Absorption der parallel der Spaltbarkeit schwingenden Strahlen. Die starke negative Doppelbrechung, die lebhaft gefärbten Interferenzbilder der Spaltblättchen, der grosse Axenwinkel von 40°—70°, die nicht mikroskopisch bemerkbare Schiefe der Auslöschung gegen die Spaltbarkeit charakterisiren ihn gut. Zur Unterscheidung vom Talk dient, abgesehen von der chemischen Reaction, bequem der grosse Axenwinkel. Pleochroitische Höfe sind sehr verbreitet. Das specifische Gewicht gestattet gut eine mechanische Trennung von den Biotiten und Zinnwalditen. Sehr charakteristisch ist die Frische dieses Minerals, welches anscheinend durch die Einwirkung der Atmosphärilien nicht leidet. — Der Sericit* bildet, wie der Muscovit, unregelmässig begrenzte Blättchen von sehr geringer Dicke, die gern zu langen schmalen Leisten ausgezogen sind. Ihre geologische Stellung bringt es mit sich, dass sie sehr oft gewunden und tordirt erscheinen, dass die Blättchen spiralig und rosettenartig um eine Längsaxe geordnet sind. Alle Schnitte durch solche Aggregate zeigen dann die Spaltrisse in Form schwacher Curven, nicht geradlinig, und erwecken so den Eindruck, dass die Structur eine fasrige, nicht eine blättrige sei, ja bei starker Verbiegung und Auswalzung der sericithaltigen Gesteine scheint die Structur geradezu eine filzig-fasrige zu sein und dennoch ist sie stets eine schuppig-blättrige. — Das optische Verhalten ist genau dasjenige des Muscovit, doch findet man an den Sericiten der Phyllite oft auffallend kleine Axenwinkel (25°—30°). Es lässt das vermuthen, dass man als Sericit Substanzen von verschiedener Zusammensetzung zusammenfasst. Die Unterscheidung vom Talk ist dann nur durch chemische Reaction, Behandlung mit Kobaltsolution, oder besser mit Kieselflusssäure ausführbar.

Damourite sind kleinblättrige Muscovite, die wie der Sericit einen annähernd talkartigen Habitus annehmen können.

Die Muscovite sind neben Feldspath die charakteristischsten Mineralien der dynamometamorphen Gesteinsbildung und entstehen ganz gleichmässig aus echten Sedimentgesteinen (Thonschiefern und Grauwackeschiefern), und aus Eruptivgesteinen und deren Tuffen. Ebenso bilden sie sich durch die Vorgänge, welche Erze auf Spalten und in Klüften gefalteter Schiefergebirge anhäuften. Die Kenntniss solcher Sericitbildungen ist besonders durch die Untersuchungen Lossen's und von Groddeck's gefördert worden.

---

* H. Laspeyres, Der Sericit. Z. X. 1879. IV. 244—256.

Die Mannichfaltigkeit der Bildungsverhältnisse des Muscovit zeigt sich auch in der weiten Verbreitung dieses Minerals als Pseudomorphose nach andern Silikaten, wie Feldspath, Nephelin, Leucit, Andalusit, Cordierit, Beryll u. s. w.

Der Paragonit, $Al(SiO_4)_3 Al_2 Na H_2$, ist bisher in Eruptivgesteinen (Eläolithsyeniten) nicht unbedingt sicher nachgewiesen. Sein Vorkommen beschränkt sich wesentlich auf die krystallinen Schiefer und Phyllite. Derselbe bildet, wie der Muscovit, unregelmässig begrenzte Blättchen, an denen man nur selten Andeutungen sechsseitiger Umrisse wahrnimmt und welche schmale leistenförmige Längsschnitte geben, deren langer Seite parallel die vollkommene Spaltbarkeit geht. Im durchfallenden Lichte farblos, Axenwinkel gross bis sehr gross, Dispersion und Absorption, wie bei Muscovit. Auch der Paragonit sinkt zu sehr feinschuppigen Aggregaten herab. die, für das blosse Auge dicht, talkähnlichen Habitus besitzen und also eine sericitische Modification darstellen. Die mikroskopische Unterscheidung vom Talk liegt in dem grossen Axenwinkel. Vom Muscovit ist der Paragonit nur chemisch zu unterscheiden durch Behandlung mit Kieselflusssäure. Man erhält alsdann fast ausschliesslich die hexagonalen Krystalle des Kieselfluornatriums. Die Paragonitschiefer (Südabhang des St. Gotthard, Ural u. s. w.) enthalten oft Granat, Staurolith, Disthen, Turmalin, Rutil, Aktinolith, Magnesit nnd Dolomit in herrlichen Krystallen.

Anhang. Den farblosen Glimmern der Muscovitreihe nicht unähnlich ist in mikroskopischer Ausbildung der Margarit (Perlglimmer, Emerylith, Dyphanit) $= H_2 Ca Al_4 Si_2 O_{12}$. Er bildet ebenfalls anscheinend hexagonale Tafeln und liefert dieselben Längs- und Querschnitte wie Muscovit. Die Ebene der optischen Axe liegt senkrecht zur Symmetrieebene, wie bei Muscovit, die Doppelbrechung ist wenig verschieden von derjenigen dieses Minerals, der Charakter negativ, die Dispersion $\varrho < v$. Zur Unterscheidung dient die unverkennbare Schiefe der Bissectrix a zur Normalen auf oP (001) und damit die bis zu 12° steigende Schiefe der Auslöschung auf Schnitten, welche die ganz glimmerartige Spaltbarkeit zeigen. Der Durchschnittsbrechungsexponent ist grösser als bei Muscovit, wie das Relief erkennen lässt. Der Axenwinkel, wie ihn die Schnitte ohne Spaltbarkeit zeigen, ist meist über 100° in Luft, also merklich grösser als bei Muscovit (etwa 70°). Doch schwankt derselbe und sinkt in Vorkommnissen von Sterzing auf sehr kleine Werthe.

Er begleitet gern Korund in contact- und regionalmetamorphen

Gesteinen. G. H. Williams (Amer. Journ. 1888. XXXVI. 254) wies ihn reichlich in Schiefereinschlüssen im Glimmerdiorit der Cortland-Series nach.

Chloritgruppe.

Literatur.

G. Tschermak, Die Chloritgruppe. S. W. A. Math.-naturw. Classe. XCIX. Abth. I. 1890. 174—264 u. C. Abth. I. 1891. 29—107.

In der Chloritgruppe wird eine grössere Anzahl von Mineralarten zusammengefasst, welche äusserlich durch ihre gemeinsame grüne Farbe (selten roth oder braun), ihre geringe Härte, ihre blättrige Structur, ihren theils hexagonalen, theils rhomboëdrischen Krystallhabitus, ihre vollkommene Spaltbarkeit nach einer Endfläche und die gemeine Biegsamkeit ihrer Spaltblättchen, chemisch durch ihre leichte Angreifbarkeit durch Säuren, durch das Fehlen der Alkalien, geologisch durch ihre secundäre Entstehung aus Mg- und Fe-reichen Silikaten gemeinschaftlich charakterisirt sind. So leicht es ist, ein Glied der Chloritfamilie als solches zu bestimmen, so schwierig kann es sein, demselben seinen bestimmten Platz innerhalb der Familie anzuweisen. In der oben citirten meisterhaften Studie hat G. Tschermak eine neue Gruppirung der Chloritmineralien vorgeschlagen, der wir uns hier anschliessen.

Die eigentlichen Chlorite — Tschermak nennt sie Orthochlorite — lassen sich chemisch als isomorphe Mischungen zweier Endglieder auffassen, deren eines nirgends rein beobachtet, als Amesitmolekül = At = $H_4Mg_2Al_2SiO_9$ bezeichnet wird, während das andere rein im Serpentinmolekül = Sp = $H_4Mg_3Si_2O_9$ allerdings mit Eigenschaften vorliegt, die nicht ganz denen der eigentlichen Chlorite entsprechen, wenn schon gewisse nicht zu unterschätzende Verwandtschaften bestehen. Nach abnehmendem Gehalt an Sp unterscheidet Tschermak folgende Arten:

Pennin (Fröbel und Schweizer) = Sp_3At_2 bis SpAt.
Klinochlor (Blake) = SpAt bis Sp_3At_2 (Synonym: Ripidolith Kobell).
Prochlorit (J. Dana) = Sp_2At_3 bis Sp_3At_7 (Synonym: Chlorit Kobell, Ripidolith G. Rose).
Korundophilit (Shepard) = Sp_3At_7 bis $SpAt_4$.
Amesit (Shepard) = $SpAt_4$ bis At.

Von diesen Arten sind Pennin und Klinochlor für die Petrographie von grösster Bedeutung und lassen sich auch in den, der krystallographischen Begrenzung entbehrenden Aggregatformen, wie man sie in den Gesteinen antrifft, wohl unterscheiden. Zur sicheren

Bestimmung der Prochlorite fehlen bisher die sicheren Methoden in den meisten Fällen.

Alle Orthochlorite werden als monosymmetrisch angesehen und lassen sich trotz der Verschiedenheit des Habitus und der mit wechselndem Habitus auch wechselnden Formen auf dasselbe Axensystem $a:b:c = 0.57735:1:2.2771$; $\beta = 89^0\,40'$ beziehen, wobei allerdings die einzelnen Krystallformen oft recht hohe Indices erhalten. Indem für die krystallographischen Einzelheiten auf die citirte Arbeit verwiesen werden muss, sei hier nur hervorgehoben, dass der Habitus des Klinochlor theils hexagonal ist (Typus Achmatowsk) bei tafelförmiger (Fig. 185) oder pyramidaler Ausbildung, indem die Flächen der Zonen von der Basis zu den beiden Prismenflächen (001 : 110) und (001 : 1$\bar{1}$0) und zu der Symmetrie-

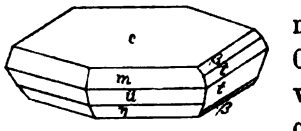


Fig. 185.

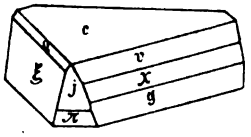


Fig. 186.

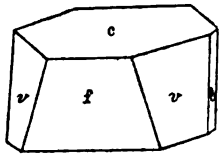


Fig. 187.

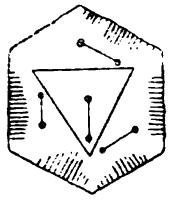


Fig. 188.

ebene (001 : 010) fast ausschliesslich vorhanden sind, theils rhomboëdrisch (Fig. 186 u. 187 Klinochlor Zillerthal), wobei aber die Flächen aus den Zonen von der Basis zum Orthopinakoid (001 : 100) und zu den Flächen des Prismas $\infty\dot{P}3$, also (001 : 130) und (001 : $\bar{1}$30) mehr oder weniger ausschliesslich herrschen. — Der Habitus des Pennin ist gleichfalls theils rhomboëdrisch, theils ähnlich hexagonalen Pyramiden mit Basis. Der Zusammenhang dieses hexagonalen und rhomboëdrischen Typus erhellt daraus, dass im hexagonalen Klinochlor von Ala ein rhomboëdrischer Kern beobachtet wurde (Fig. 188). — Die drei Hauptzonen durch die Basis liegen, wie beim Glimmer, um 60° von einander ab.

Die wichtigsten der in den Figuren dargestellten Flächen und ihre Neigungen zur Basis sind die folgenden: c (001) = oP, o ($\bar{1}$11) = P (102° 6½'), m (112) = $-\frac{1}{2}$P (113° 57'), ü (7 . 7 . 25) = $\frac{7}{25}$P (127° 56'), η ($\bar{4}$. 4 . 17) = $\frac{4}{17}$P (132° 50'), n (225) = $\frac{2}{5}$P (118° 32'), p (9 . 27 . 20) = $-\frac{27}{20}\dot{P}3$ (105° 53'), v (132) = $-\frac{3}{2}\dot{P}3$ (104° 23'),

$-\frac{2}{5}P\dot{3}$ (95°), g (261) = $-6P\dot{3}$ (93° 48′), ϱ (397) = $-\frac{2}{7}P\dot{3}$ 11 . 33 . 20) = $-\frac{2}{20}P\dot{3}$ (103° 8′), β (0 . 11 . 24) = $\frac{11}{24}P\infty$ (043) = $\frac{4}{3}P\infty$ (108° 14′), b (010) = $\infty P\infty$ (90°), f (401) (53° 18′), j (3$\bar{1}$. 0 . 30) = $\frac{3}{10}P\infty$, π (708) = $\frac{7}{8}P\infty$ (105° 51′), = $-3P\infty$ (95° 10′), y (205) = $\frac{2}{5}P\infty$ (122° 8′).

Die Prochlorite verhalten sich krystallographisch und optisch die Klinochlore, bilden auch oft jene von O. Volger Helith genannten, einfach oder mehrfach gebogenen und gewundenen Blättchen, welche man wohl mit Geldrollen verglichen hat. Diese Bildungen, sowie eine, auch bei den gesteinsbildenden Chloriten vorkommende Knickung auf der Basis (Fig. 188) parallel den Kanten (001) : (100), (001) : (130) und (001) : ($1\bar{3}0$) sind ebenso eine Folge der durchgreifenden Zwillingsbildungen, wie die Entwicklung des hexagonalen, beziehungsweise rhomboëdrischen Habitus selbst aus den monoklinen Einzelindividuen. Ebenso bedingen diese durchgreifenden Zwillingsbildungen schliesslich die Uebergänge aus deutlicher Zweiaxigkeit in scheinbare Einaxigkeit, wodurch die Chlorite in so hohem Grade charakterisirt sind.

Diese Zwillingsbildungen vollziehen sich nach zwei Gesetzen: 1) das Glimmergesetz, wonach eine in der Zone von der Basis zum Grundprisma liegende, auf der Basis senkrechte Fläche Zwillingsebene ist, 2) das Penningesetz, wonach die Basis selbst Zwillingsebene ist. — Bei dem ersten Gesetz ist die Verwachsungsebene bald die Basis, also die Individuen liegen über einander, bald eine zur Basis fast senkrechte, meist unregelmässige und krumme Fläche; dann liegen die Individuen neben einander.

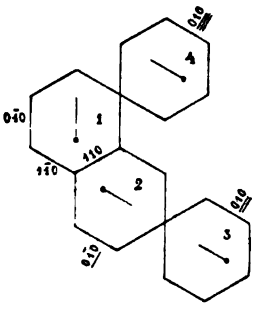


Fig. 189.

Durch das Glimmergesetz gelangen die Flächen einer bestimmten Zone in andere Zonen, welche um 60° oder ein ganzes Vielfaches dieses Werthes von einander liegen; durch das Penningesetz bleiben die Flächen einer Zone in dieser, werden aber um 180° verwendet, kommen also von vorn nach hinten u. s. w. Durch eine vielfache und durchgreifende Wiederholung dieser beiden Gesetze erklärt es sich, dass die monoklinen Einzelindividuen scheinbar hexagonale oder rhomboëdrische Sammelindividuen, wie sie der Pennin zu zeigen liebt, erzeugen können.

Die gleichzeitige Ausbildung des Glimmer- (1 und 2) und Pennin-

gesetzes (2 und 3, Fig. 189) stellt die Individuen 1 und 3 = 4 derart, als wäre die auf oP (001) senkrechte Fläche der Zone oP : ∞P$\bar{3}$ (001 : 130) Zwillingsebene. Den Zusammenhang dieser Zwillingsbildungen mit den Knickungen auf der Basis (Fig. 188), sowie mit der Entstehung gekrümmter und wurmförmiger Krystalle weist Tschermak nach.

Im festen Gesteinsverbande erscheinen die Chlorite meistens in der Form kleinerer oder grösserer ebener Blättchen oder etwas gebogener Schuppen. Die Blätter und Schuppen legen sich gern mit den Blattflächen über einander zu parallelen Aggregaten oder sie ordnen sich spiralförmig zu Rosetten. Wenn eine krystallographische Begrenzung erkennbar ist, so pflegt sie hexagonal, selten trigonal zu sein. Die Querschnitte der Blättchen und Schuppen sind kurz leistenförmig mit oft gebogenen und nicht ganz parallelen Kanten, wohl die Folge der gleichzeitig wirkenden beiden Zwillingsgesetze. — Bei dichten Chloriten ist die Structur z. Th. deutlich faserig und die Fasern ordnen sich hie und da zu förmlichen Sphärokrystallen. — Wo die Chlorite in äusserst fein vertheiltem Zustande als Pigment auftreten, bilden sie staubförmige Körperchen.

Die Chlorite spalten vollkommen nach der Basis, die Spaltblättchen sind gemein biegsam. Daher haben die leistenförmigen Querschnitte zahlreiche, unter einander und der Leistenkante parallele, und wie diese oft gewundene Risse. Senkrecht zu der basalen Spaltbarkeit sind mikroskopisch keine Trennungsflächen zu beobachten. Indessen geben die Chlorite eine Schlagfigur wie die Glimmer, deren Strahlen parallel den Kanten 001 : 010, 001 : 110 und 001 : 1$\bar{1}$0 liegen (Fig. 190). Es lässt sich auch eine Druckfigur herstellen, gleichfalls ein dreistrahliger Stern, dessen Strahlen senkrecht auf denen der Schlagfigur stehen; sie ist in Fig. 188 gestrichelt, die Schlagfigur ausgezogen.

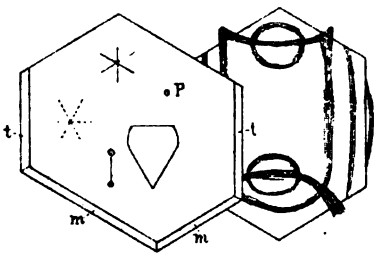


Fig. 190.

Durch Aetzung mit verdünnter Flusssäure geben die einfachen Chlorite auf der Basis Aetzfiguren von unsymmetrischem Charakter, deren Begrenzungen in den Zonen X = (001) : (100), Y = (001) : (1$\bar{3}$0), Z = (001) : (1$\bar{3}$0) und V = (001) : (150) liegen und die in der Fig. 191 angegebenen ebenen Winkel haben. Diese Figur, die wie alle Figuren dieses Artikels Tschermak entnommen ist, zeigt

sie auf der Oberseite eines Klinochlorkrystalls aus dem Zillerthal. Die Aetzfiguren liegen auf der oberen (001) und unteren Basisfläche (00$\bar{1}$) umgekehrt, wie das Fig. 192 und 193 an einem Krystall von Westchester zeigen. Man kann die Figuren als rechte und linke unterscheiden; dann liegen oft nur linke, oder nur rechte,

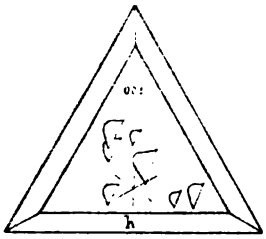


Fig. 192.

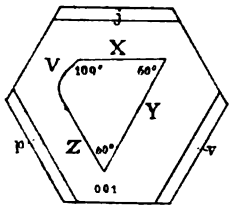


Fig. 191.

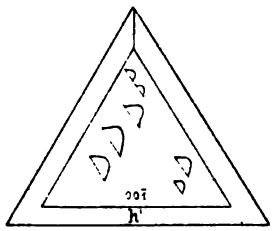


Fig. 193.

seltener beiderlei Formen auf derselben Fläche. Daneben kommen auch monosymmetrische Aetzfiguren vor, wie in Fig. 190 und 194. — Man kann sich diese Verhältnisse auf verschiedene Weise erklären, z. B. durch Parallelverwachsung von monoklinen und triklinen Theilen, oder durch Zwillingsbildung nach oP (001). — Aetzt man dünne Blättchen auf beiden Seiten, so sieht man unter dem Mikroskop bei verschiedener Einstellung die Aetzfiguren auf der

Fig. 194.

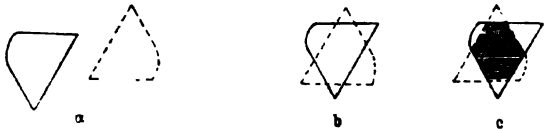


Fig. 195.

oberen und unteren Fläche in umgekehrter Lage; Fig. 195 giebt die eine ausgezogen, die andere gestrichelt; wird nun das Blättchen von der Säure durchgefressen, so entsteht ein hexagonales Loch, wie Fig. 195 b andeutet und Fig. 195 c in gestrichelter Zeichnung angiebt. — Bei durchgreifender Zwillingsbildung entstehen Aetzfiguren, wie Fig. 196, worin Fig. 194 gleichsam in dreifacher Wiederholung in drei um 120° wechselnden Stellungen enthalten ist, *abcd*, *cdef* und *efab*. Das entspricht also vollständig der innigen Verzwillingung nach dem Glimmergesetz. — Dem unsymmetrischen Charakter der einfachen Aetzfiguren entspricht in ge-

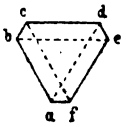


Fig. 196.

wissem Sinne die sehr häufig asymmetrische Flächenvertheilung an den Krystallen mit rhomboëdrischem Habitus, wie sie Fig. 186 zeigt. — H = 2—3.

Die Chlorite stellen in optischem Sinne eine Reihe dar von deutlich zweiaxigen Typen (Klinochlor) mit einer zur Basis schiefen positiven Bissectrix, bis zu theils positiven, theils negativen, anscheinend optisch-einaxigen Typen (Pennin). Je kleiner der Axenwinkel wird, also je mehr eine Annäherung an Einaxigkeit statthat, um so genauer stellt sich die Bissectrix senkrecht. Bei einem Axenwinkel = 0° fallen die Axen und die Bissectrix zusammen und die optische Axe steht genau senkrecht zur Basis.

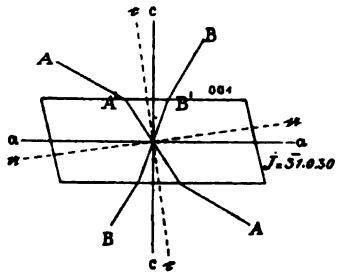


Fig. 197.

Bei den zweiaxigen Typen liegt die Axenebene in der angenommenen Symmetrieebene und also parallel einem Strahle der Schlagfigur (Fig. 190). Hiervon abweichende Lagen sind durch Zwillingsbildungen zu erklären. Der Charakter ist positiv und die Dispersion $\varrho < v$. Die spitze Bissectrix ist gegen die Normale zur Basis nach oben vorn um wenige Grade geneigt. Fig. 197 giebt die allgemeine Orientirung in der Fläche ∞P∞ (010). Nach Tschermak's Messungen ist bei

	A:c	B:c	2E=A:B	A':c	B':c	A':B'=2V	c:c	a:c	a:a
Klinochlor, Achmatowsk	20°	12°	32°	12°30'*	7°30'	20°	2°30'	87°10'	2°50'
„ Westchester	59°21'	30°30'	89°41'	32°55'**	16°36'	51°31'	7°10'	82°30'	7°30'
„ Zillerthal	54°30'	28°30'	83°	31° **	17°30'	48°30'	6°45'	82°55'	7° 5'
Korundophillit, Chester	56°	24°	80°	31°40'	15°	46°40'	6°20'		6°40'
Pennin, Zermatt (positiv)			61°—0°						
„ „ (negativ)			49°—0°						
Kämmererit, Lancaster (positiv)			32°—0°						

Der Axenwinkel schwankt nicht nur an verschiedenen Vorkommnissen in weiten Grenzen, sondern an den Krystallen desselben Vorkommens, ja an verschiedenen Stellen desselben Krystalls. Auch die Axenebene liegt an verschiedenen Stellen einer und derselben Platte oft in verschiedener Richtung, im idealen Falle in drei um 120° verwendeten Stellungen (Fig. 188 u. 198) und sehr oft zeigen Spaltblättchen nach oP (001), welche man der Reihe nach demselben Krystall entnimmt, verschiedene Lage der Axenebene, ver-

* für $\beta = 1.588$.

** für $\beta = 1.583$.

schiedene Grösse des Axenwinkels und verschiedene Vertheilung ein- und zweiaxiger Stellen. Alle diese Erscheinungen sind eine Folge der Zwillingsbildungen, ebenso gut wie die Einaxigkeit, welche Reusch bekanntlich am Glimmer durch Uebereinanderschichten von Blättchen in drei um 120° verwendeten Stellungen künstlich hervorbrachte.

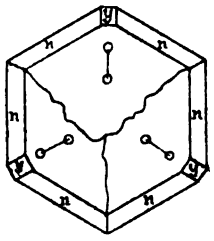


Fig. 198.

Dass bei den einaxigen Penninen der Charakter bald positiv, bald negativ ist, lässt sich durch die Annahme erklären, dass das Molekül Sp optisch negativ, At optisch positiv sei. Je nach den relativen Mengen dieser, vielleicht auch je nach der Ersetzung des Mg durch Fe würde dann der Charakter sich ändern. Bei optisch positivem Charakter ist die Dispersion stets $\varrho < v$, einerlei, ob die Axenebene parallel einem Strahle der Schlagfigur geht, oder abnormerweise dazu senkrecht liegt und unabhängig vom Axenwinkel. Bei optisch negativem Charakter ist die Dispersion $\varrho > v$ in derselben Ausdehnung.

Die Axe B zeigt geringe Dispersion, während diese bei der sehr schief austretenden Axe A recht beträchtlich ist. Tschermak erhielt bei Anwendung von rothem Glase und von Cuprammon an einer Platte von Westchester

	A:c	B:c	AB = 2E	β	A′:c	B′:c	A′B′ = 2E	a:c	c:c
roth	58° 5′	29° 40′	87° 45′	1.580	32° 30′	18° 15′	50° 45′	82° 32′	7° 8′
blau	63° 45′	31° 9′	94° 54′	1.593	34° 16′	18° 57′	53° 13′	82°	7° 40′

Das Axenbild projicirt sich auf die Fläche 001, wie Fig. 190 zeigt.

Das Brechungsvermögen der Chlorite ist gering, ihre Doppelbrechung um so höher, je grösser der Axenwinkel. An Messungen liegen ausser den oben erwähnten Werthen vor

Pennin	$\alpha = 1.576$	$\beta = 1.576$	$\gamma = 1.575$	$\gamma - \alpha = 0.001$	Haidinger
„	$\alpha_\varrho = 1.577$	$\beta_\varrho = 1.577$	$\gamma_\varrho = 1.576$	$\gamma - \alpha = 0.001$	Des Cloizeaux
„ (Zermatt)	$\alpha = 1.576$	$\beta = 1.579$	$\gamma = 1.579$	$\gamma - \alpha = 0.003$	Michel-Lévy u. Lacroix
Klinochlor Ural	$\alpha = 1.585$	$\beta = 1.588$	$\gamma = 1.596$	$\gamma - \alpha = 0.011$	Michel-Lévy u. Lacroix

Die Farbe der gewöhnlichen Chlorite im durchfallenden Lichte ist grün in verschiedenen Tönen, oder gelb bis braun. Die Interferenzfarben sind niedrig und die Doppelbrechung kann geradezu 0 werden durch bestimmte Mischungen des optisch positiven und des optisch negativen Moleküls, wie bei den Mischungen von Eudialyt

und Eukolit und andern ähnlichen Fällen. Hierdurch ist auch wohl bei den schwach doppelbrechenden Penninen jene schöne berlinerblaue Interferenzfarbe bedingt, deren bei dem Melilith gedacht wurde und welche bei den Klinochloren nicht vorkommt. — Die Auslöschungen sind oft sehr unvollkommen, wie es die Superposition von Lamellen in Zwillingsstellung nach dem Glimmergesetz nothwendig bedingt.

Der Pleochroismus der Chlorite ist sehr deutlich, die Absorption für die angenähert parallel zur Basis schwingenden Strahlen sehr nahezu oder ganz gleich und im Maximum verschieden von den Schwingungen, die angenähert senkrecht zur Basis sind. In hexagonaler Auffassung wäre

	Körperfarbe	O	E
Klinochlor, Achmatowsk	schwarzgrün	dunkelgrün	grünlichgelb
„ „	schwarzbraun	dunkelbraun	braungelb
„ Texas	dunkelgrün	smaragdgrün	hyacinthroth
„ „	lauchgrün	lauchgrün	gelblichgrün
„ Pfitsch	„	„	grünlichgelb
„ Ala	graugrün	olivengrün	„
Pennin	olivengrün	smaragdgrün	bräunlichroth, braun, gelb
„	lauchgrün	blaugrün	gelb
Kotschubeyit	roth	dunkelblau-violett	hellcarminroth
Kämmererit, Texas	carmesin- bis pfirsichblüthroth	violett	hyacinthroth
„ Gulsen b. Kraubat	pfirsichblüthroth	bläulich	roth

Sp. G. = 2.65—2.97. — Chemische Zusammensetzung, wie oben angegeben; in den Formeln kann an die Stelle von Mg das gleichwerthige Fe, an die von Al auch $\dot{\text{Fe}}$ und $\dot{\text{Cr}}$ treten. Von Salzsäure werden sie unter Ausscheidung von Kieselgallerte zersetzt, leichter noch von Schwefelsäure. — Durch Glühen werden sie opak und färben sich rothbraun bis schwarz.

Die Unterscheidung der optisch negativen Chlorite von dem Serpentin kann sehr schwierig sein, zumal wenn letzterer blättrige Textur hat, wie der Antigorit.

Die Chlorite gehören zu den allerverbreitetsten Substanzen in der Gesteinswelt; doch sind sie in den Eruptivgesteinen und ihren Tuffen allorts secundäre Bildungen und Producte der Zersetzung. Sie entstehen aus den thonerdehaltigen Gliedern der Biotit- und Phlogopitglimmer, der Pyroxen- und Amphibolfamilie und aus den Granaten. Ihnen verdanken so viele Eruptivgesteine die grüne Farbe. Diese secundäre Entstehung der Chlorite wird zweifellos

dadurch erwiesen, dass sie in Pseudomorphosen nach den genannten Mineralien mit oft vollendeter Formerhaltung der Muttersubstanz auftreten. — In andern Fällen bildet sich der Chlorit dadurch, dass Mg- und Fe-haltige Lösungen aus thonerdefreien Substanzen mit solchen aus thonerdehaltigen, aber Mg- und Fe-freien Mineralien in Wechselwirkung treten. Auf diese Weise bilden sich Verdrängungspseudomorphosen z. B. nach Feldspath. — Eine weite Verbreitung hat der Chlorit in den Schiefergesteinen; er tritt im Chloritschiefer als einziger wesentlicher Gemengtheil auf und wird hier von Amphibol, Magnetit, Magnesit, Dolomit u. s. w. nur accessorisch begleitet. Mit Amphibol zusammen erscheint er in vielen Amphiboliten, zumal denjenigen der Phyllitformation, mit Glimmer in Glimmerschiefern und Phylliten, mit Feldspath und Glimmer in Phyllitgneissen, mit Epidot, Augit und Aktinolith nebst Feldspath und Quarz in sogenannten Grünschiefern. Ebenso erweist er sich in den eigentlichen Phylliten und in den Thonschiefern als ein ziemlich regelmässiger und oft sehr reichlicher Gemengtheil.

Zur Charakteristik der petrographisch wichtigen Arten ergiebt sich aus dem Vorstehenden etwa das Folgende.

Der Pennin unterscheidet sich hier vom Klinochlor durch seine sehr geringe Doppelbrechung bei meistens recht blasser Farbe und häufig durch die eigenthümlich himmelblaue Interferenzfarbe. Basale Blättchen geben ein äusserst verwaschenes Kreuz mit bald positivem, bald negativem Charakter. Oeffnung dieses Kreuzes in Hyperbeln ist selten wahrnehmbar und dann gering. — Die Querschnitte zeigen zur Spaltbarkeit parallele Auslöschung. Penninschiefer mit Magnetit, Diopsid und etwas Klinochlor giebt Tschermak aus dem Zillerthal an.

Der Klinochlor ist stärker doppelbrechend, stets optisch positiv und meistens deutlich zweiaxig mit allerdings sehr wechselndem Axenwinkel, der bis auf 0° herabsinken kann. In den Querschnitten sind Zwillingslamellen nicht allzu selten, die geringe Auslöschungsschiefe stellenweise deutlich erkennbar, der Pleochroismus deutlicher und die Eigenfarbe tiefer. Klinochlorschiefer erwähnt Tschermak von Zöptau, vom Zillerthal, vom Habachthal und vom Baikalsee. Sie scheinen die herrschenden zu sein.

Bei den Prochloriten, welche sich unter den Umwandlungsproducten der oben genannten Gemengtheile der Eruptivgesteine finden, ist die gewunden oder gebogen säulenförmige Form und die fächerartige Anordnung charakteristisch. Sie sind

meist deutlich zweiaxig und optisch positiv. — Diabantachronnyn Liebe (L. J. 1870. 1) und Diabantit Hawes (Amer. Journ. 1875. IX. 454) sind Namen für dichte und rosettenförmige, auch für helminthartige chloritische Substanzen in Diabasen, welche vorwiegend aus Augit sich durch Verwitterung bildeten.

Kotschubeyit, Kämmererit und Rhodochrom sind chromhaltige Chlorite von rother Farbe. Der erstere ist optisch positiv mit sehr wechselnder Grösse des Axenwinkels. Schlagfigur und Aetzfigur (selten asymmetrisch), sowie Orientirung der Axenebene und Dispersion $\varrho < v$ entsprechen denen des stark verzwillingten Klinochlor. — Der Kämmererit ist bald optisch positiv einaxig oder zweiaxig, bald optisch negativ einaxig oder zweiaxig und entspricht also dem Pennin der normalen Chlorite, wie der Kotschubeyit dem Klinochlor derselben. — Rhodochrom nennt man die dichten Kämmererite. — Das Brechungsvermögen und die Doppelbrechung der Chromchlorite entsprechen denen der normalen Chlorite. Die Chromchlorite treten zusammen mit Chromit in gewissen Olivinschiefern und verwandten Gesteinen auf.

Parallelverwachsungen der normalen Orthochlorite kennt man mit Chromchloriten, Biotiten und Phlogopiten.

Die künstliche Darstellung des Chlorits ist bisher nicht gelungen.

Die Ottrelithgruppe.

Literatur.

A. d'Archiardi, Roccie ottrelitiche delle Alpi Apuane. Atti Soc. Tosc. di Sc. nat. Pisa. VIII. fasc. 2. 1886.

Ch. Barrois, Note sur le chloritoide du Morbihan. Bull. Soc. Min. Fr. 1884. VII. 37—43.

Fr. Becke, Gesteine der Halbinsel Chalcidice. T. M. P. M. 1878. I. 269—272.

A. Des Cloizeaux, Sur la forme cristalline et les caractères optiques de la Sismondine. Bull. Soc. min. Fr. 1884. VII. 80—85.

H. von Foullon, Ueber die petrographische Beschaffenheit der krystallinischen Schiefer der untercarbonischen Schichten und einiger älterer Gesteine aus der Gegend von Kaisersberg bei St. Michael ob Leoben. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1883. XXXIII. 220 sqq.

A. Lacroix: Propriétés optiques du chloritoïde; son identité avec la sismondine, masonite, ottrélite, venasquite et phyllite. Bull. Soc. min. Fr. 1886. IX. 42.

A. C. Lane, H. F. Keller and F. F. Sharpless, Notes on Michigan minerals. Amer. Journ. 1891. XLII. 499.

A. von Lasaulx, Ueber Glaukophangesteine der Ile de Groix. Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. in Bonn. 3. Dec. 1883.

A. Renard et Ch. de la Vallée-Poussin, Note sur l'Ottrélite. Annales de la Soc. géol. de Belgique. 1879. VI. 51—68.

G. Tschermak und L. Sipöcz, Die Clintonitgruppe. S. W. A. 1878. LXXVIII. Nov.

Als Ottrelithgruppe sind hier die wenn nicht identischen, so doch sehr nahe verwandten, Ottrelith, Chloritoid, Chloritspath, Masonit und Sismondin genannten Mineralien zusammengefasst. Der Name Ottrelith wurde als Gruppenname gewählt, weil er sofort an die geologisch so charakteristische Stellung dieser Mineralien erinnert. Die Angaben der oben citirten Autoren über diese Mineralien weichen stellenweise sehr weit von einander ab und sind nicht wohl zu vereinigen. Die folgenden Angaben wurden aus dem Studium der Ottrelithe von Serravezza, von Ottré und St. Hubert in den Ardennen, des Sismondin von Pregratten und St. Marcel, des Chloritoid von Kossoibrod, Harvey Hills bei Leeds und Inverness in Canada, des Masonit von Natic, Rhode Island, und besonders des Sismondin aus dem Chisone-Thale, sowie einer grossen Anzahl rein mikroskopischer Vorkommnisse gewonnen.

Die als Gesteinsgemengtheile auftretenden Ottrelithe bilden bald einzelne Krystalle von meist ziemlich unvollkommener Begrenzung, bald scheibenartige bis linsenförmige, auch spindelförmige Körner, bald etwas grössere (bis zu 3 cm) blättrige Massen, bald garbenförmig oder büschelförmig, auch unregelmässig knäuelartig verwachsene Aggregate von Krystallen und Krystallkörnern. Sie liegen stets regellos vertheilt in den Gesteinen, ganz ähnlich wie die Chiastolithe in den Hornfelsen. — Wo eine deutliche Krystallform erkennbar ist, hat man ziemlich dünne, glimmerartig hexagonale Blättchen (Taf. XXI Fig. 1), deren Kantenwinkel anscheinend genau 120° betragen. Das eine Flächenpaar kann bis zum Verschwinden zurücktreten und durch Abrundung und mechanische Deformation (Quetschung und Auswalzung) bilden sich alle Uebergänge bis zu den verschiedenstgestaltigen Körnern. Dabei entstehen randliche Grenzflächen, ähnlich wie bei den Feldspathen der Rhombenporphyre, welche anscheinend sich dann nicht unter 120°, sondern unter beliebigen Winkeln schneiden. Die Form soll hier auf Grund der Aetzfiguren und des optischen Verhaltens gedeutet werden als oP (001), die Tafelfläche, $\infty P\bar{3}$ (130) und $mP\bar{\infty}$ (h o l). Messungen sind an den gesteinsbildenden Individuen nicht ausführbar. Die Basis glänzt stark, ist aber meistens schuppig und in Felder gebrochen, auch krumm und verbogen, die Randflächen sind matt und haben harzigen Glanz, sind auch gelegentlich erkennbar mit der Basis parallel gerieft. Die Durchschnitte sind den Formen entsprechend hexagonal, rhombisch oder unregelmässig parallel der

Basis, leistenförmig in Schnitten geneigt oder senkrecht zu derselben. — Die scheinbar einfachen Krystalle erweisen sich optisch fast stets als polysynthetische Zwillinge, wobei die Individuen sich mit der Basis berühren (Taf. XXI Fig. 2), aber so zu einander liegen, dass jedes gegen die anliegenden um 120° verwendet ist. Das Gesetz entspricht also genau dem Zwillingsgesetz der Glimmer. Seltener berühren sich die Individuen mit einer Randfläche, deren Projection auf die Basis der Trace von $\infty P\grave{3}$ (130) parallel geht. Demnach ist die Zwillingsbildung auf der Basis nicht immer direct sichtbar. — Etwas häufiger ist die Berührungsebene unregelmässig und die Individuen durchkreuzen sich in sanduhrähnlichen Flächen (Taf. XXI Fig. 3).

Eine sehr regelmässige zonare Structur in concentrischen Hexagonen ist zumal bei den schönen canadischen Chloritoiden verbreitet. Dabei sind stets die centralen Theile tiefer gefärbt, als die peripherischen.

Die Ottrelithe besitzen eine gute Spaltbarkeit nach der Basis, welche sich stets durch scharfe und zahlreiche Risse im Dünnschliff parallel der Leistenkante documentirt, wenn die Blättchen dünn genug sind und gut angeschliffen wurden. Bei dickeren Blättchen oder bei so kleinen, dass sie als Körper im Schliff liegen, fehlen die Spaltrisse. Die Spaltbarkeit erreicht bei weitem nicht die Vollkommenheit der Glimmer- oder Hornblendespaltung, sie ähnelt etwa derjenigen des Augit. Die Spaltblättchen sind äusserst spröde und nur bei sehr grosser Dünne durchsichtig. Ausser dieser basalen Spaltung ist bei vielen Ottrelithen eine solche nach zwei Randflächen vorhanden, deren Tracen auf oP (001) sich unter angenähert 120° schneiden*. Die ihr entsprechenden Risse sind weniger zahlreich, setzen oft ab oder gehen in unregelmässige Sprünge über. Die grossblättrigen Ottrelithe (St. Hubert, Inverness) zeigen sie gut, die mehr rundlichen bis spindelförmigen schlecht oder gar nicht. Endlich ist eine unvollkommene Theilbarkeit nach einer Querfläche vorhanden; die ihr entsprechenden Risse halbiren die stumpfen Winkel der vorgenannten Blätterdurchgänge und entsprechen also einem $mP\infty$ (h o l). Alle diese randlichen Blätterdurchgänge werden in vielen Vorkommnissen vollkommen versteckt und nahezu un-

* Diese Spaltbarkeit springt zumal bei dem Chisone-Sismondin oft recht ebenflächig heraus; die Winkel ihrer Tracen auf oP (001) wurden im Mittel sehr [illegible] Messungen zu 63° u. d. M. gefunden. Doch hat diese Messung geringe [illegible]it.

kenntlich gemacht durch regellos verlaufende Sprünge, die offenbar einer durch den Gebirgsdruck bedingten inneren Zerklüftung entsprechen. Dass hier ein von den Cohäsionsverhältnissen des Minerals unabhängiges Phänomen vorliegt, beweist der gelegentlich zu beobachtende Parallelismus dieser Klüfte in allen oder mehreren Individuen eines Präparats, welches auch ihre gegenseitige Lage sei. Auf diesen Klüften dringt nicht selten Gesteinsmasse ein und erweitert sie unter Auseinanderdrängung der Mineralfragmente. — H. = 6—7.

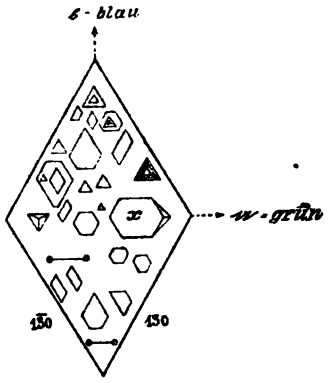


Fig. 199.

Mit schmelzendem Aetzkali erhält man auf den Spaltflächen nach oP (001) Aetzfiguren von trigonalen, rhombischen oder hexagonalen Umrissen, deren Form und Orientirung gegen die randlichen Spaltflächen Fig. 199 am Sismondin des Chisone-Thales wiedergiebt. Auf allen untersuchten Vorkommnissen haben diese Aetzfiguren die gleichen Formen und die gleiche Orientirung gegen einander und gegen den Pleochroismus, wie die natürlichen Randflächen; und wo immer diese selbst oder die ihnen entsprechenden Spaltrisse sichtbar waren, lagen die Umrisse der Aetzfiguren anscheinend parallel auch diesen. Die mikroskopischen Messungen ergaben dementsprechend im Mittel für den ebenen Scheitelwinkel der gleichschenklig dreieckigen Aetzfiguren etwa 62°—63°, für den ebenen Winkel an der Basis derselben 58°—59°. Doch schwankten die Messungen und diese Zahlen zeigen die Maxima der Abweichungen von 60°. Gerade in den besten Präparaten, welche das Vorkommniss aus dem Chisone-Thale lieferte, lagen die Werthe für alle Winkel sehr nahe bei 60° oder waren von diesem Werthe überhaupt nicht sicher zu unterscheiden*.

---

* Sehr auffallend ist es, dass hie und da (es wurde beobachtet bei Blättchen von dem Chisone-Thale, von Leeds und von Pregratten) ein Flächenpaar der Aetzfigur (s. *x* in Fig. 199) nur einseitig von der Symmetrie-Ebene aufzutreten scheint. Das würde, die Richtigkeit der Beobachtung vorausgesetzt, auf einen Hemimorphismus nach der b-Axe schliessen lassen. Aber trotzdem sich auch in den mir vorliegenden Angaben von Sanger diese Beobachtung findet, halte ich sie nicht für unbedingt sicher, sondern vermuthe eine Ueberlagerung mehrerer Aetzfiguren in durchgeätzten Lamellen.

Die Zwillingsbildungen, die starke Zerklüftung, die Sprödigkeit und die tiefe Färbung der Ottrelithe setzt ihrer optischen Untersuchung grosse Schwierigkeiten entgegen. Man muss sehr dünne Präparate anwenden, damit man nicht Zwillinge, statt einfacher Individuen beobachte. Die Ottrelithe werden je nach der Schnittlage grün oder blau (nach H. von Foullon auch nahezu farblos) durchsichtig. Ihr Brechungsvermögen ist nicht unbedeutend; nach dem Gladstone'schen Gesetz würde $n = 1.718$ sein. Lane fand nach der Chaulnes'schen Methode $n = 1.75$. Ich mass an einem Prisma des Sismondin vom Chisone-Thal, dessen eine Fläche parallel der natürlichen Abstumpfung des spitzen Spaltungsprismenwinkels lag, in den gerade auslöschenden Lamellen $\beta = 1.741$ bei Gaslicht. Dem entspricht die rauhe Oberfläche der Präparate in Canadabalsam. Die Doppelbrechung ist schwach, selbst parallel der Axenebene und auch in nicht ganz dünnen Schliffen gehen die Interferenzfarben nicht über die erste Ordnung hinaus — ein gutes Distinctiv gegenüber Glimmern. Als Maximum in einem Präparat, welches den spitzen Winkel der randlichen Spaltflächen abstumpfte, und viele Zwillingslamellen zeigte, ergab sich für Sismondin von Chisone $\gamma - \alpha = 0.0098$ mit dem Compensator. A. Lacroix giebt $\gamma - \alpha = 0.015$, Lane 0.007. Die Auslöschung liegt in den Basalschnitten und Blättchen parallel und senkrecht einer Kante des Hexagons, beziehungsweise parallel den Diagonalen der sich unter 120° schneidenden Spaltrisse, wenn die Blättchen vollkommen ebenflächig und frei von Zwillingsbildungen sind. In den zur Hauptspaltung geneigten Schnitten geht die Auslöschung der Lamellen bald parallel der Spaltung nach oP (001), sie sind dann nach einer Fläche der orthodiagonalen Zone getroffen; bald findet die Auslöschung unter wechselnden Winkeln gegen den Hauptblätterdurchgang statt. Die Grösse der Auslöschungsschiefe in Präparaten nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) gegen die basische Spaltung wurde bei den meisten Vorkommnissen zu 12°—18° gemessen; bei dem Sismondin von Chisone ist sie viel kleiner, etwa 3° im Mittel und oft kaum merklich. Bei den meisten Vorkommnissen, zumal denen mit grosser Auslöschungsschiefe ist eine sehr starke Dispersion der Bissectricen für roth und blau vorhanden, sodass die Auslöschung im weissen Licht nie vollständig ist. Bei Sismondin von Chisone ist diese Dispersion nicht in die Augen fallend, trotzdem die Auslöschungsschiefe für rothes Glas zu etwa 4°, für blaues nur zu etwa 2° gefunden wurde. — Die successiven Zwillingslamellen dieser Schnitte haben fast niemals die gleiche

Auslöschungsschiefe gegen die Trace der Verwachsungsebene, was dafür spricht, dass die Zwillingsebene nicht senkrecht auf der Symmetrieebene steht. Der Winkel der Auslöschungen in zwei sich berührenden Zwillingslamellen wächst bis zu 40° und mehr.

Die Erscheinungen im convergenten Lichte auf der Hauptspaltfläche oP (001) werden meistens durch vielfache Zwillingslamellirung und durch Knickungen auf dieser Fläche gestört und undeutlich, wodurch z. Th. die Angaben über den triklinen Charakter der Ottrelithmineralien bedingt sein mögen. Allenthalben liegt die Trace der Axenebene (Fig. 199) in der Diagonale des stumpfen Winkels eines randlichen Flächenpaares und parallel dem dritten Flächenpaare, dementsprechend auch in der Diagonale des stumpfen Winkels der Aetzfiguren und der randlichen Spaltflächen und steht somit senkrecht auf der Symmetrieebene. Vollkommene und nicht verzwillingte Spaltblättchen nach oP (001) von Natic, Pregratten und Chisone gaben schiefen Austritt der spitzen positiven Bissectrix in der Halbirenden des Gesichtsfeldes mit sehr wechselnder Grösse der Schiefe, die im Sismondin von Chisone kaum merklich ist. Die Dispersion ist deutlich horizontal und $\varrho > v$. Bei nicht absolut einwandfreien, zumal dickeren und nicht ganz planparallelen Präparaten liegt der Austritt der Bissectrix fast stets doppelt schief gegen den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes und giebt dann den Erscheinungen triklinen Charakter. In mehreren Fällen wurde ein fast oder genau senkrechter Bissectricenaustritt mit gestörtem Axenbilde bei kleinem bis sehr kleinem Axenwinkel beobachtet, was offenbar auf innige Zwillingslamellirung zurückzuführen ist. In Blättchen nach oP (001) aus Zwillingen, die sich mit einer Randfläche berühren, schneiden sich die Axenebenen in den Einzelindividuen unter anscheinend 60°. Der Winkel 2E wurde nach Mallard's Methode im Tageslicht gefunden zu 88° 40′ im Mittel aus fünf nahezu übereinstimmenden Messungen. Bei Anwendung von rothem Glas ergab sich $2E = 95° 5'$, bei blauem Glas $2E = 78° 50'$. Doch scheint dieser Winkel nicht unbeträchtlich zu schwanken und ist bei den meisten sonst untersuchten Vorkommnissen grösser. So giebt Des Cloizeaux (Bull. Soc. min. Fr. 1884. VII. 83) unter anderem für Sismondin von Zermatt bei Anwendung von farbigen Gläsern $2E_\varrho = 111° 50'—117° 48'$, $2E_{gr} = 108° 44'$, für Sismondin von Chisone $2E_\varrho = 101° 26'$, $2E_{gr} = 91° 22'$, Barrois für Chloritoid des Morbihan $2V = 45°—55°$, von Lasaulx für den von Ile de Groix $2E = 65°—70°$.

Vergleicht man die Ottrelithe mit den Glimmern, so entspricht also das Spaltprisma jener dem Prisma $\infty P\bar{3}$ ($\bar{1}30$) dieser und sie wären im optischen Sinne Glimmer erster Art.

Alle Mineralien der Ottrelithgruppe (mit Ausnahme der von Foullon beschriebenen steirischen Vorkommnisse) sind durch einen in hohem Grade charakteristischen Pleochroismus ausgezeichnet, der für die Bestimmung von grösster Wichtigkeit ist. In den Basalschnitten ist der parallel der Axenebene schwingende Strahl olivengrün, der dazu senkrechte pflaumenblau bis indigoblau; in den zur Spaltbarkeit geneigten Schnitten ist der zur Spaltung genau oder fast genau senkrecht schwingende Strahl gelbgrün bis farblos, der in oder nahezu in derselben oscillirende entweder blau oder olivengrün. Darnach hat man c = gelbgrün bis farblos, b = pflaumenblau bis indigoblau, a = b olivengrün (Fig. 199).

Das specifische Gewicht ist 3.53—3.55. — Die chemische Zusammensetzung ist zufolge der überaus reichlichen und schwer zu entfernenden Interpositionen nicht sicher bekannt. Für die reinsten Chloritspathe hat Tschermak die Formel $H_2 \overset{II}{Fe} Al_2 Si O_7$ als wahrscheinlich aufgestellt. Darin ist ein wechselnder Theil des FeO durch MgO, in dem Ottrelith von Ottré eine bedeutende Menge durch MnO vertreten. Nach Lane sind die Vorkommnisse von Champion in Michigan, Pregratten und Natic etwas alkalihaltig. Die gewöhnlichen Säuren greifen die Mineralien der Ottrelithgruppe nicht an.

Die als Gesteinsgemengtheile auftretenden Ottrelithmineralien enthalten gewöhnlich eine grosse Menge verschiedenartiger Interpositionen, unter denen Quarzkörner, Erze, kohlige Partikel, Rutilnadeln und Turmalinsäulchen zu nennen sind. Die Anordnung dieser Einschlüsse ist eine regellose, oder sie entspricht der ursprünglichen Schichtung des Gesteins.

Die Ottrelithmineralien sind fast ausschliesslich auf phyllitische Schiefer beschränkt und für dynamometamorphe Vorgänge in hohem Grade bezeichnend. Solche Schiefer kennt man aus den Ardennen, aus den Pyrenäen, von Serravezza u. a. O. im Apennin, aus Steiermark und ganz besonders schön aus der Provinz Quebec in Canada und von Rhode Island. Kalkowsky* fand dieselben bei Röhrsdorf und Nieder-Rabenstein in Sachsen, W. Maynard Hutchings** in

* L. J. 1882. I. 232.

** Geol. Mag. 1889. (3.) VI. 53 u. 101.

Dachschiefern von Tintagel in Nord-Cornwall. — In Begleitung des Glaukophan findet sich der Sismondin bei Zermatt, im Val Chisone in Piemont und auf der Ile de Groix in der Bretagne.

Die Epidotgruppe.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 95.

W. H. Hobbs, Ueber die Verwachsungen von Allanit (Orthit) und Epidot in Gesteinen. T. M. P. M. 1889. XI. 1. — Amer. Journ. 1889. XXXVIII. 223.

J. P. Iddings and Wh. Cross, On the wide-spread occurrence of Allanite as an accessory constituent of rocks. Amer. Journ. 1885. XXX. 108.

C. Klein, Die optischen Eigenschaften des Sulzbacher Epidot. L. J. 1874. 1—21.

Bundjiro Koto, On some occurrences of Piedmontite schists in Japan. Q. J. g. S. 1887. XLIII. 474 und Journ. of the College of Science. Imper. University 1887. I. part III. 303. Tokyo.

H. Laspeyres, Die krystallographischen und optischen Eigenschaften des Mangan-epidot. Z. X. 1880. IV. 435.

A. Michel-Lévy und A. Lacroix, Note sur un gisement français d'allanite. Bull. Soc. min. Fr. 1888. XI. 65.

Der gesteinsbildende Epidot besitzt nur verhältnissmässig selten scharfe Krystallformen und lässt dann in der orthodiagonalen Zone die Flächen $M = oP$ (001), $T = \infty P\bar{\infty}$ (100), $r = P\bar{\infty}$ ($\bar{1}$01) am häufigsten wahrnehmen. Die Winkel, unter denen sich diese Flächen und ihre Projectionen auf $\infty P\bar{\infty}$ (010) schneiden, sind $M : T = 115^0\ 24'$, $M : r = 116^0\ 18'$, $T : r = 128^0\ 18'$. Die Krystalle sind stets mehr oder weniger parallel der Symmetrieaxe in die Länge gezogen; die diese Axe schneidenden Flächen gehören ganz vorwiegend der Grundpyramide n($\bar{1}$11) P an, sind jedoch sehr häufig nicht ausgebildet. Demnach sind die Durchschnitte parallel der Axe b lang leistenförmig, diejenigen nach der Symmetrieebene annähernd hexagonal (Fig. 200). Dabei ist die Fläche T gewöhnlich weit kleiner, als r; selten tritt das umgekehrte Verhältniss ein. Auch fehlt wohl T fast ganz und die Schnitte nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) sind dann rhombisch. Häufiger fehlt die krystallographische Begrenzung ganz und der Epidot bildet nach b stenglige oder auch unregelmässig eckigkörnige

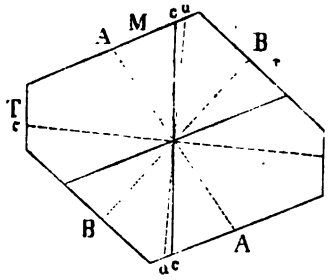


Fig. 200.

Individuen und Aggregate solcher ohne gesetzmässige Begrenzung der Durchschnitte.

Die bei den aufgewachsenen Krystallen so häufigen Zwillinge sind bei den eingewachsenen im Ganzen spärlich wahrnehmbar, in manchen Gesteinen allerdings sehr reichlich vorhanden. Zwillings- und Verwachsungsebene ist alsdann T (Fig. 201); zwischen den beiden grösseren Zwillingshälften sind gelegentlich mehrere schmale Zwillingslamellen eingeschaltet. Solche Zwillinge beschrieben Becke* und H. H. Reusch**.

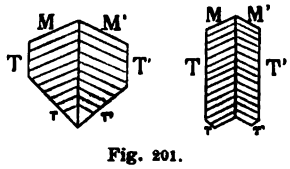


Fig. 201.

Die vollkommene Spaltbarkeit nach M (001) documentirt sich durch scharfe, aber meistens nicht so zahlreiche Risse, wie man bei der Vollkommenheit dieses Blätterdurchganges erwarten sollte; der Spaltbarkeit nach T (100) entsprechen nur spärliche Risse (Taf. X Fig. 3). Der Winkel dieser Spaltrisse schwankt von 115° 24′ auf Schnitten nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) bis 180° auf solchen aus der orthodiagonalen Zone. — H. = 6.5.

Der gesteinsbildende Epidot, der Pistazit, wird nahezu farblos oder blassgelb, selten gelbbraun, blassgrün, sehr selten röthlich (Withamit), durchsichtig. Ein geringer Wechsel der Farbe in Verbindung mit zonarer Structur kommt vor. Das Brechungsvermögen und die Doppelbrechung sind sehr beträchtlich, daher die randliche Totalreflexion und die Unebenheit der Oberfläche stark ausgeprägt. Die Interferenzfarben sind sehr lebhaft und leuchtend auch in sehr dünnen Präparaten; sie deuten jedoch auf gewisse Schwankungen in den Werthen für α, β und γ, die vielleicht mit dem Eisengehalte zusammenhängen.

Zahlenmässige Bestimmungen über die Hauptbrechungsexponenten liegen nur wenige vor; am vollständigsten sind die Angaben von C. Klein über den Pistazit der Knappenwand im Salzbachthale. Er fand für rothes Licht

$$\gamma = 1.7677 \qquad \beta = 1.7540 \qquad \alpha = 1.7305$$

Daraus folgt $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.7507$, $\gamma-\alpha = 0.0372$, $\gamma-\beta = 0.0137$, $\beta-\alpha = 0.0235$. — Zum Vergleiche sei angeführt aus einer grösseren Anzahl von Bestimmungen für β_{Na} von Klein als Mittelwerth β_{Na} =

* T. M. P. M. 1880. II. 34.
** L. J. 1883. II. 178.

1.7579. — A. Des Cloizeaux giebt für einen grünen Krystall von Nord-Carolina (?) $\beta = 1.748$, an einem bräunlichgrünen aus der Schweiz $\beta = 1.720$, an einem dunkelgrünen $\beta = 1.753$ für Roth, Artini* an dem Epidot von Mortigliano $\beta_{na} = 1.7527$, von Patresi auf Elba $\beta_{na} = 1.7435$. — Das Maximum der Doppelbrechung fand Michel-Lévy** am Epidot aus den Schiefern der Insel Groix $\gamma - \alpha = 0.056$.

Die Auslöschungen in Schliffen, welche nicht in der orthodiagonalen Zone liegen, sind nicht immer sehr prächs, wohl eine Folge der nicht unbeträchtlichen Bissectricen-Dispersion, welche Klein darthat; er mass $a : c = 2^0\ 56'$ für roth, $2^0\ 26'$ für grün.

Die Ebene der optischen Axen liegt im Klinopinakoid, der Axenwinkel $2H_\varrho = 91^0\ 20'$, $2V_\varrho = 73^0\ 40'$, die Dispersion deutlich geneigt, schwach $\varrho > v$. Die negative erste Bissectrix ist gegen die vertikale Axe um 2^0—3^0 im spitzen Winkel β geneigt. Darnach ist das Schema in Fig. 200 eingetragen. Man sieht, dass Spaltblättchen nach M randlich eine Axe austreten lassen; an derselben ist in der Diagonalstellung der Hyperbelsaum innen grün, aussen roth; auf isolirten Kryställchen, welche auf r liegen, erscheint eine Axe fast senkrecht, deren Hyperbelsäume umgekehrt innen roth, aussen grün gefärbt sind. Alle Durchschnitte nach der orthodiagonalen Zone, und diese sind bei der Formenausbildung des Krystalls die bei weitem häufigsten, zeigen im convergenten Licht Axenbalken, Axenbilder oder Bissectricenaustritte, welche mit Sicherheit erkennen lassen, dass die Axenebene senkrecht zur Spaltbarkeit liegt — das sicherste Unterscheidungsmittel gegenüber den Augiten, mit welchen der Epidot wohl verwechselt werden könnte. — Im parallelen Lichte löschen die Schnitte der Orthodiagonalzone parallel und senkrecht zur Spaltbarkeit aus; da diese stark vorwiegen, kann man leicht zu der Annahme geführt werden, es liege ein rhombisches Mineral vor. In den Schnitten dieser Zone sind die Zwillinge im parallel polarisirten Lichte nicht durch die Auslöschung erkennbar. — In der Zone $\infty P\breve{\infty} : \infty P\breve{\infty}$ nehmen die Auslöschungswinkel gegen die Spaltrisse nach oP von 0^0 auf T bis etwa 28^0 auf $\infty P\breve{\infty}$ (010) zu. Ebenso liegen die Auslöschungen in der Zone $oP : \infty P\breve{\infty}$ zwischen 0^0 und 28^0 etwa. Das Verhalten der Zwillinge leitet sich aus dem der einfachen Krystalle ab.

---

* Z. X. XIV. 589.

** Bull. Soc. min. Fr. 1884. VII. 46.

Der bei den tiefgefärbten Sulzbachepidoten so auffallend starke Pleochroismus verschwindet bei den farblosen Vorkommnissen der Gesteinswelt ganz, blasst bei den hellgefärbten doch bedeutend ab. So ist bei den Sulzbacher Krystallen a gelb, b braun, c grün und $b > c > a$, während bei den gesteinsbildenden a farblos bis hellgelbgrünlich, b gelblichgrün bis farblos, c zeisiggrün bis grün oder hellgelbbraun ist. Absorption $c > b > a$. So schwach die Farbenunterschiede sind, so charakteristisch ist doch auch in sehr hell gefärbten Epidoten der Wechsel von grün und zeisiggrün in farblos bis hellgelblich; bei den spärlichen rothen Epidoten wechseln die Farben zwischen roth, gelb und farblos.

Sp. G. = 3.3—3.5, wachsend mit dem Eisengehalt. Chemische Zusammensetzung: $HCa_2(Al, Fe)_3Si_3O_{13}$. Wird von Säuren nicht angegriffen, nach dem Glühen jedoch durch HCl gelöst. — Die künstliche Darstellung des Epidot ist noch nicht ausgeführt.

Eine constante Mikrostructur ist nicht vorhanden. Meistens einschlussfrei; öfters spärliche Fluidaleinschlüsse; seltener und dann gern central Erzpartikel und kohlige Substanz.

Der Pistazit oder Epidot tritt wohl nirgends in den eruptiven Gesteinen als primärer Gemengtheil auf. Dagegen ist er in den mit körnigen Kalken äquivalenten Lagergesteinen (Granatfels, gewissen Amphiboliten), in den Paragonit- und Glaukophanschiefern*, in den Gneissen der phyllitischen Schiefer** und in den eigentlichen Grundgebirgsgneissen***, in den Phylliten und Grünschiefern† ein in hohem Grade charakteristischer Gemengtheil. Ebenso gehört er zu den verbreitetsten Bildungen in den Kalksilikathornfelsen. — Als Product der Verwitterung ist der Epidot nebst den Chloriten und dem Muscovit wohl das häufigste aller Silikate; so bildet er

---

* Ch. Barrois, Sur les schistes metamorphiques de l'Ile de Groix. Ann. Soc. géol. de Nord. Lille. 1883. XI. — A. von Lasaulx, Ueber das Vorkommen eines neuen Glaukophangesteins von der Insel Groix. Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. Bonn. 1883. 3. XII. — O. Luedecke, Ueber die Glaukophangesteine der Insel Syra. Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 248.

** A. E. Törnebohm, Mikroskopiska bergartsstudier. XIII. XIV. Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1883. VI. No. 75. 185. — H. von Foullon, Ueber die Gesteine des Arlbergtunnels. Jahrb. K. K. geol. Reichsanst. 1885. XXXV. 84.

*** H. H. Reusch, Silurfossiler og pressede Conglomerater i Bergenskifrene. Kristiania 1882. 140.

† Fr. Becke, Die Gesteine Griechenlands. T. M. P. M. 1879. II. 17—77. — J. Bachinger, Ueber ein Mineralvorkommen aus der Fusch. Ibid. 1884. VI. 46. — E. Kalkowsky, Ueber Salit als Gesteinsgemengtheil. T. M. M. 1875. 45.

sich in den sauren, wie basischen Gesteinen aus den Feldspathen unter gleichzeitiger Einwirkung der aus den Glimmern und Bisilikaten entstehenden Lösungen. Der Saussurit besteht oft vorwiegend aus Epidot. Wo immer kalkhaltige Eisen- und Magnesiasilikate chloritisiren, ist der Epidot ein stetes Nebenproduct, wenn der Kalk nicht als Carbonat gebunden oder fortgeführt ist. So findet man ihn bei der atmosphärischen Zersetzung der Pyroxene, Amphibole, Glimmer und Granate.

Der Piemontit oder Manganepidot hat die Krystallform und die Cohäsionsverhältnisse des Pistazit mit nur geringen Unterschieden in den Winkeln. Auch die Zwillingsbildungen sind die gleichen, ja es kommen parallele Verwachsungen vor, die man als isomorphe Schichtung bezeichnen kann. Dann liegt der gelblichgrüne Pistazit stets aussen, der Piemontit innen. Zur Unterscheidung dient besonders die Farbe und der Pleochroismus. Die Licht- und Doppelbrechung ist analog derjenigen am Pistazit, ebenso die Orientirung der Elasticitätsaxen. b = b. Der Winkel a : c ist aber grösser, 4° 34′ für Roth, 5° 20′ für Gelb bei dem Manganepidot von Jacobsberg im Kirchspiel Nordmark nach Flink (Bihang till Kgl. Vet.-Akad. Handl. Stockholm 1888. XIII. 52); nach Lasperes ist am Piemontit von St. Marcel a : c = 7° 26′ für Li, 6° 41′ für Na, aber a liegt auch hier im spitzen Winkel β. Auch am Piemontit ist also eine kräftige Bissectricendispersion vorhanden. — Eine Aenderung zeigen die Manganepidote im Winkel der optischen Axen; dieser wächst um die negative Bissectrix mit dem Mangangehalt; bei dem Manganepidot von Jacobsberg mit 4½ % MnO ist $2V_\varrho$ = 88° 44′ gegenüber 77° im Mittel bei Pistazit; er ist noch optisch negativ, die eigentlichen Piemontite sind optisch positiv, der Winkel $-2V > 90°$ geworden.

Der Pleochroismus ist am

	a	b	c	
Piemontit, St. Marcel .	orange	dunkel amethystfarben	dunkel pyroproth	Lasperes
„ Ile de Groix	gelb	hellrosa	lebhaft rosa	Lacroix*
„ Shikoku .	tiefrothviolett	hellviolett	bräunlichroth	Koto
„ „ .	gelb	hellrosa	carminroth	Rosenbusch
Manganepidot, Jacobsberg	orange	violett	carmin	Flink
Withamit, Glencoe .	citrongelb	hellrosa	lebhaft rosa	Lacroix*

* Bull. Soc. min. Fr. 1886. IX. 75 u. 1888. XI. 148.

Bekanntlich fand Laspeyres am Piemontit, dass die Richtungen der stärksten Absorption nicht nothwendig mit den Elasticitätsaxen oder Hauptschwingungsrichtungen zusammenfallen, sobald diese keine Symmetrieaxen mehr sind und W. Ramsay verfolgte diesen Gegenstand weiter am Sulzbacher Epidot (Z. X. 1887. XIII. 97).

Der Piemontit, $HCa_2[Al, Mn]_3Si_3O_{13}$, wird von Säuren nicht angegriffen. Nach dem Glühen und Schmelzen wird er von HCl unter Gallertbildung zersetzt.

Der Piemontit hat eine weite Verbreitung in der oberen Abtheilung des krystallinen Schiefergebirges in Japan; es sind besonders quarzreiche, sericitische Gesteine, die ihn führen, begleitet von Granat, Rutil und Eisenglanz. Auch in den Glaukophanschiefern findet man ihn. Das Verzeichniss der Fundorte giebt Koto l. c.

Der Orthit oder Allanit wurde als ein weitverbreiteter accessorischer Gemengtheil in Gesteinen von Iddings und Cross (l. c.) nachgewiesen, nachdem ihn Törnebohm bereits in dem Epidotgneiss Wermlands (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1882. VI. 189) und in ostsibirischen Graniten (Vega-Exped. vetensk. jaktagelser VI. Stockholm 1884. 124) beschrieben hatte. Er bildet in den Eruptivgesteinen stets vollkommen idiomorphe Individuen, in den krystallinen Schiefern hat die Krystallform nicht selten stark gelitten. Allenthalben erweist er sich als eine sehr frühe Bildung.

Die Krystalle sind vorherrschend in der Richtung der b-Axe gestreckt und tafelförmig durch 100; seltener ist eine vorherrschende Entwicklung nach der Prismenaxe. Die häufigsten Formen sind, wie bei Pistazit, T (100) $\infty P\infty$, M (001) oP, r ($\bar{1}01$) $P\infty$, e (101) $-P\infty$, n ($\bar{1}11$) P, d (111) $-P$, z (110) ∞P. Die Krystalle sind oft sehr flächenreich. $M : T = 115^0\,1'$, $r : M = 116^0\,36'$, $e : M = 145^0\,7'$. — Zwillinge nach T (100) sind häufig und gern sehr symmetrisch ausgebildet; auch sehr schmale Zwillingslamellen in einfachen Individuen kommen vor.

Die Spaltung nach M (001) oP ist bei frischen Orthiten und sehr dünnen Schliffen deutlich, die nach T (100) $\infty P\infty$ sehr unvollkommen. — H. = 5—6.

Die schwarze Farbe im auffallenden Lichte wird braun im durchfallenden. Das Brechungsvermögen ist hoch und liegt etwa bei 1.7. A. Michel-Lévy und Lacroix geben $\beta = 1.682$ für Orthit von Näskiln in Norwegen und $\alpha > 1.78$ an dem von Edenville. — Die Doppelbrechung ist von sehr wechselnder, aber meistens von geringer Stärke und fehlt bei dem Orthit, wie bei so manchen

Mineralien mit Ceroxyden, oft vollständig in Folge von Umwandlungsvorgängen. A. Sjögren (Geol. Fören. i Stockholm Förhdl. 1876. III. 258) beschreibt nach dieser Richtung eine Anzahl skandinavischer Orthite. Am stärksten fand ich die Doppelbrechung bei Orthiten in neovulkanischen Gesteinen mit den lebhaften Interferenzfarben der II. Ordnung; in Graniten und Gneissen überschreiten sie wohl kaum die I. Ordnung.

Die optische Orientirung gab zuerst Brögger genau an. Er fand auf (010) $\infty P\bar{\infty}$ am Orthit von Grefsenaas eine Auslöschungsschiefe von $37\frac{1}{2}^0$ gegen die Prismenaxe im spitzen $\measuredangle\beta$ und diese Auslöschungsrichtung entsprach wahrscheinlich der Elasticitätsaxe a. Die Ebene der optischen Axen war normalsymmetrisch, also b = c, der Charakter der Doppelbrechung wahrscheinlich negativ. An andern Stellen desselben Krystalls — er zeigte, wie die Orthite das sehr oft thun, schöne Zonarstructur — war a : c nur etwa $28\frac{1}{2}^0$ in derselben Richtung. — Am Orthit von Arendal und Hitterö lag die der Vertikalaxe nächste Auslöschung ebenfalls im spitzen $\measuredangle\beta$ und schwankte an verschiedenen Krystallen und an verschiedenen Stellen desselben Krystalls von 41^0 bis herab zu 22^0, betrug aber am häufigsten 34^0—37^0. Bei Arendaler Orthit war jedoch b = b und die spitze Bissectrix c lag im stumpfen Winkel β, die Axenebene in $\infty P\bar{\infty}$ (010). — A. Michel-Lévy und Lacroix fanden am Orthit des Granitit von Pont Paul bei Morlaix (Finistère) die Axe grösster Elasticität den stumpfen $\measuredangle\beta$ etwa halbirend und als spitze Bissectrix. — Meine Beobachtungen stehen im Einklang mit denen von Iddings und Cross und Hobbs. An sehr zahlreichen Vorkommnissen lag die Axenebene constant in der Symmetrieebene, die Auslöschungsschiefe schwankte um etwa 36^0, das Schema (Fig. 202) war b = b. a : c = 36^0 im spitzen $\measuredangle\beta$. Der Sinn der Lage von a wurde erschlossen aus den Verwachsungen von Orthit mit Epidot, bei denen stets in klinodiagonalen Schnitten die Axen a in Pistazit und Orthit gleichsinnig lagen, was auch aus der Zeichnung bei Hobbs hervorgeht. Ob der Charakter positiv oder negativ sei, war nicht zu bestimmen. — So lange Doppelbrechung da ist, erweist sich der Orthit deutlich pleochroitisch.

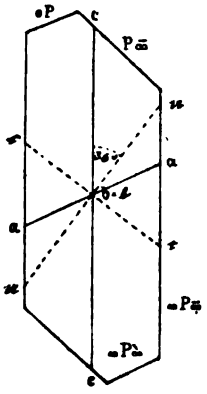


Fig. 202.

	c	a	b	
Grefsenaas (mit normalsymmetrischer Lage der Axenebene) . .	tiefbraunschwarz	weniger tiefbraun	bräunlichgelb	Brögger
Pont Paul	braungelb	grünlichgelb	röthlichbraun	Michel-Lévy u. Lacroix
Ilchester	dunkelgraubraun	hellgelbbraun	kastanienbraun	Hobbs
Suhl	dunkel kastanienbr.	bräunlichgrau	kastanienbraun	H. R.

Ich fand den Pleochroismus am Orthit von Ilchester wie Hobbs und stets die Absorption $c > b > a$.

Sp. Gew. zwischen 3 und 4. — Chemische Zusammensetzung $H(Ca\,Fe)_2(Al, Ce)_3 Si_3 O_{13}$. Von H Cl meistens deutlich angegriffen. Der Orthit gehört zu den pyrognomischen Mineralien.

Der Orthit findet sich nicht selten in paralleler Verwachsung mit Pistazit, wie übereinstimmend schon von Törnebohm, Hobbs, Brögger u. A. angegeben wird. Stets liegt der Pistazit peripherisch, der Orthit central. — Charakteristisch ist eine rostbraune Umrandung, welche in den Gesteinen schon das blosse Auge oft auf Orthit aufmerksam macht.

Iddings und Cross wiesen den Orthit im Gneiss, Granit, Granitporphyr, Quarzporphyr, Diorit, Porphyrit, Liparit, Dacit und Andesit nach. In basischen Gesteinen scheint er nicht vorzukommen. Besonders bedeutsam ist er in der Gneissformation, wo er in gewissen Abtheilungen (Skandinavien, nach Sauer auch im Schwarzwald) geradezu die Rolle eines Leitfossils spielen kann.

Mosandrit und Johnstrupit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 74.

Von den beiden sehr nahe verwandten Mineralien sind nur am Johnstrupit Endflächen bekannt; die Winkel in der Prismenzone sind bei beiden nahezu identisch. Sie werden daher gemeinsam auf ein Axensystem $a : b : c = 1.6229 : 1 : 1.3594$, $\beta = 86^\circ 55\frac{1}{2}'$ bezogen. Der Habitus des Mosandrit ist stets tafelförmig nach dem Orthopinakoid (100) mit längerer Erstreckung nach c als nach b. Randlich treten mehrere schmale Prismen auf. Die wichtigsten Flächen und ihre Winkel sind: $\infty P\infty$ (100), ∞P (110), $\infty P2$ (210), $P\infty$ (101), $P\infty$ ($\bar{1}01$) mit $100 : 110 = 121^\circ 41\frac{1}{2}'$, $110 : 1\bar{1}0 = 63^\circ 21'$.

$21\bar{0} : 2\bar{1}0 = 101^0\,58'$. $100 : 101 = 131^0\,45'$, $100 : 10\bar{1} = 128^0\,8\frac{1}{2}'$. — Zwillingsbildung in lamellarer Wiederholung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) ist allgemein verbreitet, aber nur im polarisirten Lichte zu erkennen. — Die Durchschnitte sind tafelförmig nach $\infty P\bar{\infty}$ (100), schmal leistenförmig nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) und nach oP (001).

Die Spaltbarkeit geht recht vollkommen nach $\infty P\bar{\infty}$ (100). In dünnen Schliffen nach (010) und (001) erkennt man ferner weniger vollkommene Spaltbarkeit nach dem Klinopinakoid (010) und einer Endfläche, die mehr oder weniger senkrecht auf den vertikalen Pinakoiden steht, vielleicht oP (001). Regellose Sprünge deuten auf die grosse Sprödigkeit des Mosandrit. — H. = 5—6.

Der Mosandrit ist, wenn frisch, tief röthlichbraun, wenn mehr oder weniger zersetzt, gelblich bis grünlichgelb; der Strich blassgelb. Der weit seltenere Johnstrupit ist frisch bräunlichgrün, der Strich gelblichgrün. Bei Zersetzung hat er die Farbe des unfrischen Mosandrit. Der Glanz ist Glasglanz auf $\infty P\bar{\infty}$ (100), Harzglanz auf Bruchflächen. Bei Zersetzung wird das Aussehen erdig. — Im durchfallenden Lichte sind beide Mineralien gelblich bis farblos.

Die Ebene der optischen Axen liegt in der Symmetrieebene bei starker Dispersion der optischen Axen $\varrho > v$, so dass die Hyperbeln sehr farbig sind. Dagegen ist die Dispersion der Bissectricen gering. $2V_{li} = 71^0\,10\frac{1}{2}'$, $2V_{na} = 69^0\,54'$, $2V_{ti} = 68^0\,20'$ nach Brögger. Derselbe bestimmte am Johnstrupit aus $2H_a = 77^0\,42'$ und $2H_0 = 127^0\,40'$ für Na den mittleren Brechungsexponenten $\beta_{na} = 1.546$, $2E_{na} = 124^0\,40'$. Wülfing fand am Mosandrit von Laaven $2H_{na} = 85.3 \pm 0.3$ und $85^0.1 \pm 0.5$ ($n_H = 1.4725$), in Jodmethylen ($n = 1.7409$) $2J_0 = 98^0 \pm 1.0$. Daraus ergiebt sich $V_a = 37^0\,7'$ und dann $\beta_{na} = 1.649$. Hieraus und aus den vermittelst des Compensators durch Wülfing bestimmten Werthen $\gamma - \alpha = 0.0122$, $\gamma - \beta = 0.0087$, $\beta - \alpha = 0.0035$ hat man $\gamma_{na} = 1.6577$, $\alpha_{na} = 1.6455$. — $2E = 168^0\,37'$.

An einem Prisma von sehr kleinem Winkel ($4^0\,46'$) fand Osann direct $\beta = 1.6184$ im Gaslicht. Ein anderes Prisma von $3^0\,30'$ brechendem Winkel gab zwei Bilder, deren keines bei irgend einer Stellung des Analysators verschwand, wohl Folge von Zwillingslamellen im Prisma. Das eine Bild lieferte $\beta = 1.6187$.

Die Auslöschungsschiefe auf $\infty P\bar{\infty}$ (010) ist sehr gering am Mosandrit, sie beträgt höchstens 2^0—3^0; in Na-Licht fand sie Wülfing nach zahlreichen Messungen $= 1^0$. Die der Prismenaxe nächste Elasticitätsaxe ist a und stumpfe Bissectrix; fast senkrecht

auf $\infty P\infty$ (100) tritt die positive spitze Bissectrix aus. Nach welcher Richtung hin a gegen c geneigt sei, ist nicht bestimmt. In dem optischen Schema (Fig. 203) wurde nach Analogie mit dem Rinkit angenommen, a liege im spitzen $\measuredangle \beta$.

In Dünnschliffen, zumal wenn sie nicht allzu dünn sind, sind die Auslöschungen oft recht unvollkommen und deuten scheinbar auf starke Bissectricendispersion. Da man aber gleichzeitig oft ein auffallendes Abnehmen des Winkels der optischen Axen betrachten kann, so scheint in einer versteckten Zwillingsbildung die Ursache gesucht werden zu müssen.

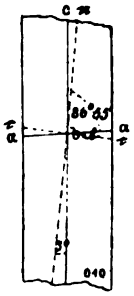


Fig. 203.

Der Pleochroismus ist am Mosandrit sehr schwach, in sehr dünnen Schliffen nicht erkennbar. Brögger bestimmte c hellgrünlichgelb, b hellbräunlichgelb, a sehr hellgelb.

Der Mosandrit ist wohl stets mit meistens violettem Flussspath durchwachsen. Bei der Zersetzung verliert er rasch an Durchsichtigkeit und füllt sich auf Spalten und Klüften mit tiefbraunen bis opaken Substanzen, während sich oft auch Calcit und Aegirin als offenbare Neubildungen darin ansiedeln. Er ist gern durchwachsen mit Wöhlerit und Rosenbuschit.

Sp. G. = 3.19—3.29 (Johnstrupit), 2.93—3.03 bei Mosandrit. — Der Mosandrit giebt im Kölbchen reichlich Wasser, schmilzt vor dem Löthrohr leicht und bläht sich dabei zu einer bräunlichgrünen oder weisslichen Perle auf. — In HCl ist er leicht löslich unter Ausscheidung von SiO_2 zu einer dunkelrothen Lösung, welche beim Erhitzen Chlor abgiebt und gelblich wird. — Die chemische Zusammensetzung cf. Rinkit.

Der Mosandrit ist im Gebiet der Pegmatite der südnorwegischen Augit- und Eläolithsyenite (Laaven, Barkevik) zu Hause. Seine Verbreitung in den normalen Eläolithsyeniten ist nicht gering, wurde jedoch noch nicht näher bestimmt.

Rinkit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 87.

Fr. T. Graeff, Mineralogisch-petrographische Untersuchung von Eläolithsyeniten von der Serra de Tinguá in Brasilien. L. J. 1887. II. 248.

Joh. Lorenzen, Untersuchung einiger Mineralien aus Kangerdluarsuk in Grönland. Z. X. 1884. IX. 249.

Der Rinkit bildet nach der Vertikalaxe kurzsäulenförmige oder durch $\infty P\bar{\infty}$ (100) dicktafelförmige Krystalle (Fig. 204) mit den Flächen $\infty P\bar{\infty}$ (100), ∞P (110), $\infty P\frac{3}{2}$ (320), $\infty P\grave{2}$ (120), $-P\grave{\infty}$ (101). $P\grave{\infty}$ (10$\bar{1}$), $4P\grave{\frac{4}{3}}$ (341). Die wichtigsten Winkel sind $100 : 101 = 101^0\,43'$, $101 : \bar{1}01 = 158^0\,54'$, $100 : 110 = 121^0\,45'$, $120 : 120 = 107^0\,40'$, $100 : 320 = 133^0\,5'$. — Zwillingsbildung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) in polysynthetischer Wiederholung ist ausserordentlich verbreitet. Die Formen sind bezogen auf das Axensystem von Lorenzen $a : b : c = 1.5688 : 1 : 0.2922$, $\beta = 88^0\,47'$. Nimmt man die Domen als $\pm\frac{1}{6}P\bar{\infty}$, so wird $a : b : c = 1.5688 : 1 : 1.4610$, sehr ähnlich denen des nahe verwandten Johnstrupit.

Fig. 204.

Der Rinkit spaltet sehr vollkommen nach $\infty P\bar{\infty}$ (100). — H. = 5.

Im auffallenden Licht ist er frisch gelbbraun bis gelb, verwittert strohgelb. Der Glanz ist glasig auf Spalt- und Krystall-, fettig auf Bruchflächen. Mit der Verwitterung verschwindet der Glanz sehr rasch und das Mineral ist locker erdig. Im durchfallenden Licht farblos bis blassgelb. Auf der Spaltfläche tritt nahezu senkrecht die spitze positive Bissectrix aus, wie bei Johnstrupit und Mosandrit, aber die Ebene der optischen Axen liegt normalsymmetrisch, die Dispersion ist deutlich horizontal und stark $\varrho < v$. In der Lage der Axenebene und der Dispersion liegt die beste Unterscheidung von Rinkit und Mosandrit. Die optische Orientirung giebt Fig. 205, b = a, die Auslöschungsschiefe auf $P\bar{\infty}$ (b : c) beträgt etwa $7^0\,30'$. Die Annahme, dass b im spitzen $\sphericalangle\beta$ liege, ist nicht sicher begründet. — An sehr dünnen Spaltblättchen nach (100), worin kaum eine merkliche Schiefe der Bissectrix gefunden wurde, ergab sich nach der Mallard'schen Methode im weissen Licht $2E = 77^0\,53'$, für rothes Glas $2E = 73^0\,58'$, für blaues Glas $78^0\,6'$; an einem dickeren Blättchen, wahrscheinlich aus Zwillingslamellen bestehend, war $2E = 82^0\,30'$. — Das Brechungsvermögen ist sehr ähnlich dem des Mosandrit, ebenso die Doppelbrechung. Die Interferenzfarben in guten Schliffen gehen nicht über das Gelb der I. Ordnung hinaus. An einem Prisma, dessen eine Fläche parallel $\infty P\bar{\infty}$ (100) war, bestimmte Osann

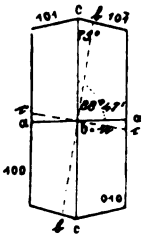


Fig. 205.

$\alpha_{li} = 1.6595$ $\beta_{li} = 1.6627$
$\alpha_{na} = 1.6654$ $\beta_{na} = 1.6682$
$\alpha_{tl} = 1.6693$ $\beta_{tl} = 1.6727$

Daraus $\beta - \alpha$ für Na-Licht = 0.0028.

Der Pleochroismus ist schwach bis kaum merklich und zwar c gelb, b hellgelblichweiss, a farblos, die Absorption ist $c > b > a$.

Der Rinkit wurde von Lorenzen in Gesellschaft von Arfvedsonit, Aegirin, Eudialyt, Lithionglimmer u. s. w. im Gebiet des Eläolithsyenit von Kangerdluarsuk nachgewiesen und von Graeff in den Eläolithsyeniten der Serra de Tinguá im Staat Rio de Janeiro wieder erkannt. Er ist ein steter Begleiter des Låvenit in diesen Gesteinen und kommt auch in vielen andern Gebieten dieser Tiefengesteine und ihres Ganggefolges vor. Allenthalben ist er mit Fluorit durchwachsen und ein sehr frühes Gebilde aus dem Magma. Wöhlerit und Rosenbuschit begleiten ihn an vielen Orten, ebenso Astrophyllit.

Sp. G. = 3.46 nach Steenstrup. — Rinkit schmilzt leicht zu einer glänzenden schwarzen Kugel unter anhaltendem Aufblähen durch entweichendes Fluor. — HCl zersetzt den Rinkit im Pulver und im Schliff leicht unter Abscheidung titanhaltiger Kieselsäure.

Die chemische Zusammensetzung des Johnstrupit, Mosandrit und Rinkit beweist ebenso, wie die Krystallform, die Cohäsionsverhältnisse, das optische Verhalten und die geologische Stellung die nahe Verwandtschaft dieser Mineralien. Die Zusammensetzung des Johnstrupit giebt Analyse I von H. Bäckström, die des Mosandrit II gleichfalls von Bäckström, die des Rinkit III von Lorenzen.

	I	II	III
SiO_2	30.50	30.71	29.08
TiO_2	7.57	5.33	13.36
ZrO_2	2.84	7.43	—
ThO_2	0.79	0.34	—
CeO_2	0.80	6.34	} 21.25 (CeO, LaO, DiO)
$Ce(La, Di)_2O_3$	12.71	10.45	}
Y_2O_3	1.11	3.52	0.92 (YO)
Al_2O_3	1.52	—	—
Fe_2O_3	—	0.56	—
FeO	—	—	0.44
MnO	Spur	0.45	—
CaO	27.76	22.53	23.26
MgO	1.63	0.63	—
Na_2O	6.67	2.44	8.98
K_2O	0.12	0.38	—
H_2O	1.41	7.70	—
Fl	5.98	2.06	5.82
	101.91	100.87	103.11
O	2.50	0.86	2.45
	99.41	100.01	100.66

W. C. Brögger discutirt in seinem oft citirten schönen Werke auch die chemischen Beziehungen dieser drei Substanzen und gelangt zu folgenden allgemeinen Formeln:

$$\text{Johnstrupit} = \left[\begin{matrix}\mathrm{Fl_6}\,\overset{IV}{R_2}\\ \mathrm{Fl}\,\overset{III}{R}\end{matrix}\right]\overset{III}{R_2}\,\overset{II}{R_{12}}\,\overset{I}{R_8}\,(\mathrm{Si\,O_4})_{12}$$

$$\text{Mosandrit} = \left[\begin{matrix}\mathrm{Fl_2}\\ (\mathrm{H\,O})_6\end{matrix}\right\}\overset{IV}{R_4}\Big]\overset{III}{R_2}\,\overset{II}{R_{10}}\,\overset{I}{R_{14}}\,(\mathrm{Si\,O_4})_{12}$$

$$\text{Rinkit} = \left[\mathrm{Fl_6}\,\overset{IV}{Ti_4}\right]\mathrm{Ce_2\,Ca_{11}\,Na_8\,(Si\,O_4)_{12}}$$

Ebenso erörtert er die Analogien dieser Mineralien zur Epidotfamilie.

Titanit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 514.

K. Busz, Beiträge zur Kenntniss des Titanit. L. J. 1887. B.-B. V. 330.

A. C. Lane, Ueber den Habitus des gesteinsbildenden Titanit. T. M. P. M. 1888. IX. 207.

O. Mügge, Ueber durch Druck entstandene Zwillinge nach der Kante [110] und [1$\bar{1}$0]. L. J. 1889. II. 98.

Der Titanit ist in allen Gesteinen, die ihn führen, nur ein accessorischer, aber allerdings bisweilen ein recht reichlicher accessorischer Gemengtheil. Wo er in den Eruptivgesteinen als ursprünglicher Component auftritt, ist er stets gut auskrystallisirt und gehört zu den ältesten Ausscheidungen der Magmen. Weniger oft bildet er auch in den krystallinen Schiefern gesetzmässige Krystalle. In beiderlei Gesteinsgruppen ist er in Form regelloser Körner als eine Neubildung aus titanhaltigem Magnetit, aus Ilmenit und aus Rutil sehr verbreitet. Auch die ursprünglichen Krystalle haben wohl bisweilen durch mechanische und chemische Vorgänge ihre gesetzmässige Begrenzung mehr oder weniger eingebüsst. — Die Formen der eingewachsenen Titanitkrystalle zeigen ebenso, wie diejenigen der aufgewachsenen, eine gewisse Variabilität.

Im Grossen und Ganzen steht die Formenentwicklung in einer unverkennbaren Beziehung zu der chemischen Natur der Gesteine, in denen der Titanit auftritt. So begegnet man in den normalen Graniten, Syeniten und Dioriten, sowie in den chemisch und mineralogisch gleichwerthigen Gneissen, Hornblendegneissen und gewissen Amphiboliten ganz vorherrschend dem als Briefcouvert-ähnlich bezeichneten flachprismatischen Typus mit herrschendem n ($\bar{1}$23) $\frac{1}{3}\dot{P}\dot{2}$,

y (101) P∞ und P (001) oP (Fig. 206), hie und da mit untergeordnetem x (102) $\frac{1}{2}$P∞ und r (011) P∞. — In den alkalireichen Augitsyeniten, Eläolithsyeniten, Phonolithen und Leucitophyren herrscht dagegen ein durch r prismatischer Typus mit untergeordnetem P, y und n (Fig. 207) oder ein mehr pyramidaler Typus mit r und n im Gleichgewicht, eine charakteristische vierkantige Ecke bildend, nebst y (Fig. 208). Hervorzuheben ist, dass die durch n säulenförmigen Krystalle anscheinend keine, oder doch nur sehr selten, Zwillinge bilden, während bei dem 2. und 3. Typus die Zwillingsbildung nach P (001) oP sehr verbreitet ist. Die Zwillings- und Berührungsebene geht meistens sehr genau durch die Mitte der Krystalle, während in anderen Fällen zwei einfache

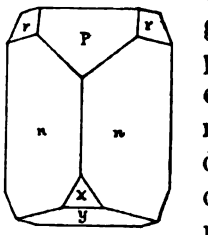


Fig. 206.

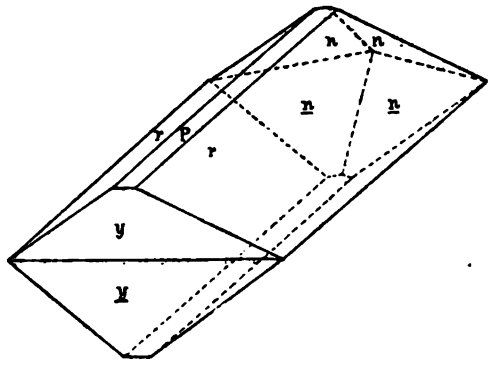


Fig. 207.

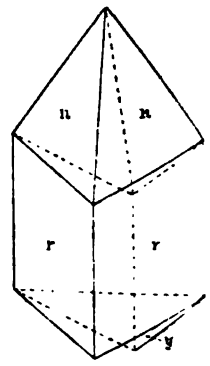


Fig. 208.

Individuen sich nur partiell durchdringen. — In manchen Amphiboliten und Glimmerschiefern begegnet man der Combination l (110) ∞P, n (123) $\frac{1}{3}$P2 (Fig. 209)*.

Die wichtigsten Winkel für die Deutung der Durchschnitte sind n : n = 136° 12′, r : r = 113° 30′, l : l = 133° 52′, P : x = 140° 43′. P : y = 119° 43′. — Unter den Formen der Durchschnitte herrschen naturgemäss die spitzrhombischen und die langleistenförmigen mit beiderseitiger Zuspitzung. Bei den Zwillingen folgt die Grenze der beiden Individuen meist sehr genau der Diagonale des spitzen Rhombenwinkels (Taf. XXI Fig. 4).

* H. von Foullon, Ueber die petrographische Beschaffenheit der krystallinen Schiefer der untercarbonischen Schichten u. s. w. in Obersteiermark. Jahrb. K. K. Reichsanstalt. 1883. XXXIII. 240.

In Form körniger oder auch wohl kurz stengliger Aggregate erscheint der Titanit nur, wo er Pseudomorphosen nach einem der oben genannten Mineralien bildet.

Die Spaltbarkeit des Titanit nach dem Prisma l giebt sich nur durch spärliche und ziemlich rohe Risse kund; bei der Seltenheit des Prismas als herrschender Form gehen die Spaltrisse nicht parallel der meistens durch n oder r gegebenen Begrenzung — eine für Titanit charakteristische Erscheinung (Taf. X Fig. 4). Die aus andern Mineralien entstandenen Körner und Aggregate des Titanit lassen Spaltbarkeit nicht wahrnehmen. — Schon früh wurde an dem Titanit mancher Fundorte eine Absonderung nach zwei zur Symmetrieebene symmetrisch gelegenen Flächen beobachtet, welche sich unter 125°—126° schneiden und gegen y unter etwa 130° 30′ geneigt sind*. Diese Absonderung ist nicht selten nur auf gewisse Theile der Krystalle beschränkt, oder folgt nur der einen der beiden Flächen. Hieraus, sowie aus den geologischen Verhältnissen, unter denen diese Theilbarkeit auftritt, schliesst man, dass sie ein durch den Gebirgsdruck bedingtes mechanisches Phänomen sei. Dass mit dieser Absonderung eine Zwillingslamellirung in ursächlicher Beziehung stehe, die einer Gleitung entspricht, wurde von G. H. Williams erwiesen und von Mügge, Busz u. A. bestätigt. Nach Williams, Busz und Brögger folgt die Absonderung und Zwillingslamellirung der Fläche $\frac{1}{2}P\grave{4}$ (T45), O. Mügge schliesst aus seinen sehr eingehenden Messungen auf complicirtere Verhältnisse. Diese Absonderung ist in den Tiefengesteinen und krystallinen Schiefern nicht selten; sie liegt in der Zone n : y.

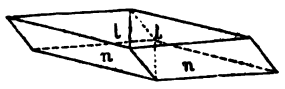


Fig. 209.

— H. = 5—5.5.

Der Titanit in den Gesteinen wird bald farblos bis weiss, bald gelblich bis röthlich durchsichtig. Brechungsvermögen und Doppelbrechung sind sehr hoch; dementsprechend das Relief höher, als bei allen andern gesteinsbildenden Mineralien, von denen der Zirkongruppe abgesehen, die Interferenzfarben ähnlich denen des Calcit. Die Ebene der optischen Axen liegt in der Symmetrieebene und

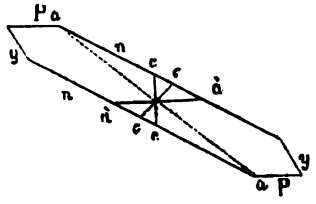


Fig. 210.

* Die Literatur findet sich sehr vollkommen bei Mügge (l. c.).

die spitze positive Bissectrix steht nach Des Cloizeaux senkrecht auf x $\frac{1}{2}$P∞ (102), schliesst demnach mit der Klinodiagonalen im stumpfen ∢β 50° 43′ ein. Darnach ist das Schema Fig. 210 construirt. Brögger fand diesen Winkel bei dem cerhaltigen Eukolittitanit des Langesund zu 57° ca. Die Dispersion der Axen für die verschiedenen Wellenlängen ist aussergewöhnlich stark $\varrho > v$. Des Cloizeaux fand an einem Krystall $2E_\varrho = 55°—56°$, $2E_v = 34°$. K. Busz, der an einer grösseren Anzahl von Titaniten β, γ und 2E direct für Na, Li und Tl mass und daraus α und 2V berechnete, giebt die folgenden Zahlen.

	γ_{na}	β_{na}	α_{na}	$2E_{li}$
Schwarzenstein, Zillerthal	2.0536	1.9206	1.9133	51° 3′
Eisbruckalp	1.9899	1.9091	1.9073	54° 52′ 9″
Val Maggia	1.9788	1.8945	1.8880	69° 1′ 40″
St. Gotthard.	2.0093	1.8940	1.8879	57° 20′ 30″
Wildkreuzjoch	1.9171	1.9048	1.9042	52° 36′
Laacher See	—	1.9076	—	72° 10′

	$2E_{na}$	$2E_{tl}$	$(\gamma-\alpha)_{na}$	$(\gamma-\beta)_{na}$	$(\beta-\alpha)_{na}$
Schwarzenstein, Zillerthal	45° 40′ 40″	39° 52′ 40″	0.1403	0.1330	0.0073
Eisbruckalp	50° 21′ 10″	45° 26′ 30″	0.0826	0.0808	0.0018
Val Maggia	63° 27′	58° 30′ 40″	0.0908	0.0843	0.0065
St. Gotthard.	52° 29′ 40″	47° 54′ 40″	0.1214	0.1153	0.0061
Wildkreuzjoch	47° 44′ 10″	44° 23′	0.0129	0.0123	0.0006
Laacher See	68° 9′ 20″	62° 52′ 48″			

Sieht man ab von dem durch seine nur $\frac{1}{10}$ der normalen betragenden Doppelbrechung Titanit vom Wildkreuzjoch, so wäre im Mittel $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.9316$, $\gamma-\alpha = 0.1088$, $\gamma-\beta = 0.1035$, $\beta-\alpha = 0.0053$. Die spitzrhombischen Schnitte der orthodiagonalen Zone lassen im convergenten Lichte Axenbalken oder Bissectricen wahrnehmen, welche die Axenebene als in der kurzen Diagonale liegend bestimmen lassen. — Bei den Zwillingen des zweiten und dritten Typus nach (001) tritt in der einen Hälfte, aber nicht in beiden die spitze Bissectrix mehr oder weniger schief aus und in dieser liegt die Auslöschungsrichtung zwischen der Zwillingsnaht und derjenigen Seite des Rhombus, die mit ihr den kleineren Winkel bildet.

Der Pleochroismus ist schwach und in recht dünnen Schliffen kaum wahrnehmbar. Bei tieferer Färbung ist a fast farblos, b gelb mit Stich ins Grünliche, c rothgelb bis bräunlichroth und $c > b > a$. Brögger giebt für den Eukolittitanit a angenähert = b schwachbräunlichgelb, c hellweingelb.

Sp. G. = 3.4—3.6. — Chemische Zusammensetzung = $CaSiTiO_5$.

Salzsäure greift ihn nicht an. Schwefelsäure zersetzt ihn; die Lösung wird durch Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd orangegelb. Wegen seiner Dichte fällt er bei Trennungen mit den eisenreichen Gemengtheilen und kann von diesen durch den Elektromagneten meistens leicht geschieden werden. Durch Zersetzung bleicht sich der Titanit und verliert seinen Glanz. Dabei scheidet sich, wie bei allen Zersetzungsvorgängen dieses Minerals kohlensaurer Kalk aus*. Was die matte neugebildete Substanz sei, ist nicht untersucht. In andern Fällen bildet sich auf den Spaltrissen bei der Zersetzung ein opakes Eisenerz, wohl Ilmenit. Die Umwandlung in Rutil wurde in Eläolithsyeniten von P. Mann** beobachtet; eine Zerstörung des Titanit unter Neubildung von Anatas beschreibt J. S. Diller*** aus Amphibolgranititen der Troas. — K. Schneider† fand an der Stelle zersetzter Titanitkrystalle im Phonolith des Klein-Priesener Steinbruchs Perowskit neben Calcit und etwas Rutil, sowie Pyrit.

Der Titanit der eruptiven Gesteine umhüllt die mit ihm associirten älteren Gemengtheile, wie Erze, Apatit und Zirkon, selten auch Glas- und Flüssigkeitseinschlüsse; in den krystallinen Schiefern pflegt er einschlussfrei zu sein.

Die Verbreitung desselben ist eine bedeutende; sowohl die sauren und an Magnesia und Eisen nicht zu armen Gesteine, wie Granitite, Amphibolgranite, Syenite, Diorite, als auch besonders reichlich die Eläolithsyenite, Trachyte und Phonolithe beherbergen ihn gern. In den basischen Eruptivgesteinen, die reich an Ilmenit und titanhaltigem Magnetit sind, pflegt er zu fehlen. — Unter den krystallinen Schiefern sind es wieder die an Mg O oder Fe O reichen, also die Biotit- und Amphibol-führenden Gneisse und Schiefer, in denen er in nennenswerther Menge vorkommt. — Als secundäre Bildung trifft man ihn in allen Ilmenit- und Rutil-führenden Gesteinen.

Hautefeuille†† stellte den Titanit dadurch dar, dass er Kieselsäure und Titansäure in einem Ueberschuss von Chlorcalcium schmolz. Bourgeois††† erhielt krystalline Massen, welche an einzelnen Stellen die Interferenzfigur des Titanit im convergenten Lichte gaben, als

---

* cf. B. van Werveke in L. J. 1880. II. 159.
** L. J. 1882. II. 200.
*** L. J. 1883. I. 187.
† L. J. 1889. I. 90.
†† C. R. 1865. LIX. 698.
††† Ann. de Phys. et de Chim. 1883. (5.) XIX.

er die Bestandtheile desselben aus Silikatschmelzen nach der Methode von Fouqué und Michel-Lévy auskrystallisiren liess. War die Silikatschmelze nicht sauer genug, so entstand Perowskit.

Monokline Zeolithe.

Literatur.

A. Lacroix, Sur le diagnostic des zéolithes en absence de formes cristallines déterminables. Bull. Soc. min. Fr. 1885. VIII. 321—365.

Unter den in den Gesteinen als Ausfüllungen von Spalten und Mandeln oder an der Stelle fortgeführter Gemengtheile (Nephelin, Sodalith, Nosean, Feldspath u. s. w.) vorkommenden Zeolithen sind der Stilbit, Heulandit, Skolezit, Epistilbit, Phillipsit und Laumontit die wichtigsten. Bei ihrer im Ganzen doch sehr geringen Bedeutung für die Petrographie mögen hier nur die für ihre Bestimmung verwendbaren Eigenschaften kurz zusammengestellt werden.

Alle diese Zeolithe haben ein geringes, unter dem des Canadabalsam bleibendes, Brechungsvermögen und ebenso eine geringe Doppelbrechung, kaum höher als die der Feldspathe, oft geringer als diese, nie höher als die des Quarzes. Sie sind sämmtlich wasserhell durchsichtig und werden leicht von Salzsäure zerstört. Complicirte Zwillingsbildungen sind sehr verbreitet.

Der Heulandit bildet blättrige Aggregate mit sehr vollkommener Spaltbarkeit nach der Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (010). Schnitte nach dieser Fläche zeigen keine Spaltrisse und lassen die positive Bissectrix eines kleinen Axenwinkels austreten. 2E schwankt von fast 0° bis etwa 55° an verschiedenen Blättchen und oft auch an verschiedenen Stellen desselben Blättchens. Die Dispersion ist gekreuzt. Die Doppelbrechung sehr schwach. Michel-Lévy und Lacroix bestimmten an den Krystallen von den Färöer $\gamma = 1.505$, $\beta = 1.499$, $\alpha = 1.498$; also $\gamma - \alpha = 0.007$. — Reagirt stark auf Ca und Al. Die Blättchen aggregiren sich meist parallel, seltener rosettenartig.

Der Stilbit (Desmin) bildet Tafeln und Blättchen nach $\infty P\bar{\infty}$ (010). Nach dieser Fläche geht vollkommene Spaltung. Auf den Blättchen, die sich bald parallel, bald mehr rosettenförmig aggregiren, tritt keine Bissectrix aus. — In andern Fällen sind die Individuen deutlich nach der Vertikalaxe gestreckt zu schwach radialen bis sphärolithischen Aggregaten. Dann haben die Fasern optisch negativen Charakter und zeigen eine Maximalauslöschungsschiefe von etwa 8°. In Schnitten senkrecht zur Faseraxe tritt die negative Bissectrix eines Winkels $2E = 51°—52°$ mit $\varrho < \upsilon$ aus. Doppel-

brechung sehr schwach. Michel-Lévy und Lacroix geben für Stilbit von Kilpatrick $\gamma = 1.500$, $\beta = 1.498$, $\alpha = 1.494$, $\gamma - \alpha = 0.006$. — Reagirt stark auf Ca und Al, schwach auf Na und K.

Der Epistilbit zeigt eine deutliche Längsrichtung von optisch positivem Charakter und einer Maximalauslöschungsschiefe von 9°. Die nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) vollkommen spaltenden Stengel und Stengelaggregate zeigen im Querschnitte keine spitze Bissectrix. Diese tritt auf Längsschnitten nach (100) $\infty P\bar{\infty}$ aus und ist negativ, $2E = 67^0$—83^0 mit deutlicher Dispersion $\varrho < v$. Die Doppelbrechung ist quarzähnlich. Des Cloizeaux bestimmte $\beta = 1.51$ an isländischen Epistilbiten, Michel-Lévy und Lacroix $\gamma - \alpha = 0.010$. — Starke Reaction auf Ca und Al, schwache auf Alkalien.

Der Skolezit bildet stenglige bis fasrige Aggregate mit negativem Charakter der Faseraxe und einer Maximalauslöschungsschiefe von etwa 22°. Die Spaltung nach ∞P mit $110 : 1\bar{1}0 = 91^0\,22'$ ist deutlich in Querschnitten bei nicht zu feinfasriger Structur. Die Querschnitte geben den schiefen Austritt einer negativen Bissectrix mit $2E = 50^0$—60^0 und kräftiger Dispersion $\varrho < v$. Die Doppelbrechung ist schwach. Des Cloizeaux bestimmte $\beta_\varrho = 1.502$, Lacroix $\gamma - \alpha = 0.007$. — Reagirt stark auf Ca und Al, schwach oder gar nicht auf Na.

Der Phillipsit zeigt prismatischen Habitus mit positivem Charakter der Längsrichtung und einer Maximalauslöschungsschiefe von bis zu 30°. Die Individuen aggregiren sich gern divergirend bis sphärolithisch. Querschnitte gegen die Stengel lassen die positive Bissectrix eines grossen Axenwinkels austreten. Die Axen liegen ganz am Rande des Gesichtsfeldes. Dispersion kaum erkennbar. Doppelbrechung äusserst schwach $\gamma - \alpha = 0.003$ nach Lacroix, $\beta = 1.51$—1.57 nach Des Cloizeaux. — Reagirt stark auf Ca, K und Al.

Der Laumontit bildet stenglige Individuen und Aggregate mit positivem Charakter der Längsrichtung und einer bis zu 45° steigenden Auslöschungsschiefe. In den Längsschnitten der Stengel tritt günstigen Falls die negative Bissectrix eines kleinen Axenwinkels, $2E_\varrho = 52^0\,24'$, $2E_v = 56^0\,15'$ mit kräftiger Dispersion $\varrho < v$ aus. Die Doppelbrechung ist stärker, als bei Quarz. Michel-Lévy und Lacroix geben für Laumontit von Huelgoat $\gamma = 1.525$, $\beta = 1.524$, $\alpha = 1.513$, $\gamma - \alpha = 0.012$. — Reagirt stark auf Ca und Al, nicht oder schwach auf Na.

Monokline Kalifeldspathe.

Literatur.

A. Des Cloizeaux, Observations sur les modifications permanentes et temporaires que l'action de la chaleur apporte à quelques propriétés optiques de plusieurs corps cristallisés. Ann. des Mines. 1862. II.

— Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux naturels ou artificiels, et sur les variations que ces propriétés éprouvent sous l'influence de la chaleur. Mém. Sav. étrangers. Paris. 1867. XVIII.

— Examen microscopique de l'orthose et des divers feldspaths tricliniques. C. R. 1876. LXXXII. 1017—1022.

A. Michel-Lévy, De l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle pour la détermination des espèces minerales en plaques minces. Ann. des mines. 1877. (7.) XII. 392—471.

G. Tschermak, Die Feldspathgruppe. S. W. A. 1864. December. L.

Ch. E. Weiss, Beiträge zur Kenntniss der Feldspathbildung. Haarlem. 1866.

Man unterscheidet die monoklinen Feldspathe je nach ihrem Auftreten entweder in den älteren Massengesteinen und krystallinen Schiefern oder in den vulkanischen Gesteinen der Tertiär- und Jetztzeit als Orthoklas und Sanidin. Mit dieser verschiedenen geologischen Stellung sind bekanntlich gewisse Eigenthümlichkeiten im Habitus, sowie nach einigen Richtungen im physikalischen Verhalten verknüpft. Der Einfachheit des Ausdrucks wegen soll die Bezeichnung Orthoklas an dieser Stelle für alle monoklinen Kalifeldspathe, incl. Sanidin gebraucht werden, während der Name Sanidin auf diese letztere Feldspathart beschränkt bleiben soll.

Der Orthoklas erscheint in den Gesteinen stets in mehr oder weniger vollständiger krystallographischer Begrenzung, sobald dieselben eine deutliche porphyrische Structur besitzen; die äussere Form verliert sich mehr und mehr, je deutlicher körnig die Structur wird. In den schiefrigen Gesteinen des Grundgebirges und der Schieferformationen ist der Orthoklas im Allgemeinen nicht krystallographisch begrenzt. Mehr oder weniger deutlicher Idiomorphismus entwickelt sich jedoch auch hier, sobald eine der porphyrischen Structur der Eruptivgesteine analoge Ausbildung Platz greift.

Die Krystalle des eingewachsenen Orthoklas zeigen stets herrschend die Flächen $P = oP$ (001), $M = \infty P\bar{\infty}$ (010), mehr untergeordnet $l = \infty P$ (110), $x = P\bar{\infty}$ ($\bar{1}01$), $y = 2P\bar{\infty}$ ($\bar{2}01$), selten $n = 2P\bar{\infty}$ (021), $o = P$ ($\bar{1}11$) und in der Zone $l : M$ auch $z = \infty P\bar{3}$ (130). Die für die Durchschnitte wichtigsten Winkel sind $l : l = 118^0\,48'$, $l : M = 119^0\,36'$, $P : x = 129^0\,40'$, $P : y = 99^0\,37'$, $P : M = 90^0$. Die Flächen P und x liegen fast gleich schief gegen die

Vertikalaxe. Der Habitus der Krystalle ist entweder mehr oder weniger tafelförmig nach M (Fig. 211) oder säulenförmig nach der Axe a (Fig. 212). Die Durchschnitte nach den verschiedenen Richtungen ergeben sich ihrer Form nach aus den Figuren.

Unter den sehr häufigen Zwillingsbildungen ist diejenige nach dem Karlsbader Gesetz die bei weitem verbreitetste. Zwillingsaxe ist die Vertikale und die Einzelindividuen berühren sich entweder mit der Symmetrieebene oder sie durchdringen sich unregelmässig*. Das Charakteristische dieser Zwillinge liegt darin, dass die Basisflächen nach entgegengesetzter Richtung fallen. In den Orthoklasen mancher Gesteine (Granit von Elba) liegen dann die Flächen P und x anscheinend parallel (Fig. 213). In den Durchschnitten verläuft die Zwillingsgrenze entweder parallel der Projection von M auf den Durchschnitt oder sie ist eine unregelmässig gebogene oder ge-

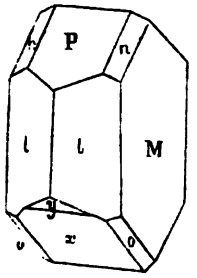


Fig. 211.

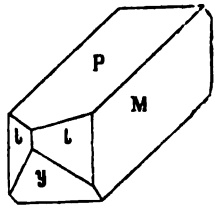


Fig. 212.

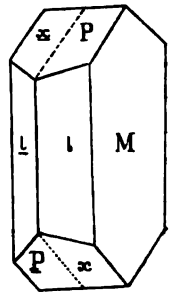


Fig. 213.

knickte Linie. An den Begrenzungslinien dieser Gebilde ist der Zwillingscharakter oft gar nicht erkennbar, wenn sie als Berührungszwillinge entwickelt sind. Die Spaltrisse und das optische Verhalten geben Aufklärung (Taf. XXI Fig. 5).

Das Bavenoer Gesetz, wonach die Normale zu n Zwillingsaxe ist, findet sich weit seltener und immer nur vereinzelt in den Gesteinen. Die Zwillingsebene n ist zugleich Berührungsfläche (Fig. 214) und bei der selten guten Ausbildung der zur a-Axe geneigten Flächen, sowie dem Umstande, dass n : n fast genau 90° ist, geben auch hier die Umrisse der Durchschnitte keine Andeutung der

* H. A. Miers (Min. Mag. 1886. VII. pg. 10) beschreibt Orthoklas-Einsprenglinge aus einem Gestein des Kilimandscharo, welches Bonney Augit-Andesit benannte, die nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt, aber angenähert nach einer Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (100) zusammengesetzt waren. Das entspricht der Ausbildung der triklinen Feldspathe in den Rhombenporphyren.

Zwillingsbildung. Die Basisflächen stehen senkrecht zu einander und da auch die M-Fläche Spaltfläche ist, lässt hier auch die Cohäsion bei der Deutung im Stich; sie wird durch das optische Verhalten gegeben. Die Zwillinge dieser Art sind wohl stets nach a säulenförmig. Man erhält daher vorwiegend quadratische oder rhombische Querschnitte, in denen die Trace der Zwillingsebene diagonal verläuft (Taf. XXI Fig. 6). Durch Wiederholung dieses Gesetzes nach einer oder zwei weiteren Flächen von n entstehen Drillinge und Vierlinge, die immer wieder nur optisch zu erkennen sind.

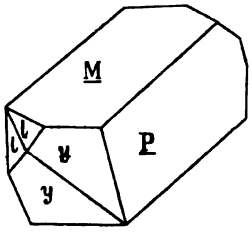


Fig. 214.

Das seltenste ist das Manebacher Gesetz, Zwillingsaxe die Normale zu P. Auch hier ist P zugleich Berührungsebene und nur selten geben die Umrisse Kunde von der Zwillingsbildung. Da die Spaltung in beiden Individuen gleichförmig geht, so giebt wieder das optische Verhalten allein sicheren Aufschluss. Die Trace der Zwillingsebene geht parallel der Projection von P auf den Durchschnitt. Dieses Gesetz kommt nur in wenigen Gesteinen, dann allerdings gern häufig vor. Es sind vorwiegend Quarzporphyre, die es zeigen.

Auch die Combination des Karlsbader und Bavenoer Gesetzes ist nicht allzuselten. — Knäuelartige Verwachsungen, welche wahrscheinlich gleichfalls durch Zwillingsbildungen bedingt sind, werden ziemlich häufig beobachtet, sind jedoch nur selten mit Sicherheit aus den Durchschnitten zu deuten. Solche seltenere Zwillingsgesetze wurden von Klockmann* und Haushofer** beschrieben.

Die Dimensionen der Krystalle schwanken ganz ausserordentlich und zumal die Bildungen zweiter und dritter Generation in den porphyrischen Eruptivgesteinen sind oft selbst für mikroskopische Betrachtung äusserst klein. Nichts desto weniger hat man eigentliche Wachsthumsformen oder Krystallskelette am Orthoklas bisher nicht mit Sicherheit beobachtet. Der Typus bleibt stets derjenige der grösseren Krystalle, doch herrscht in den älteren Porphyren der mehr tafelförmige, in den Trachyten und Phonolithen ganz entschieden der nach a säulenförmige Typus: in den Lipariten kommen beide, allerdings wohl kaum je neben einander, vor. Der-

* F. Klockmann, Die Zwillingsverwachsungen des Orthoklases aus dem Granitit des Riesengebirges. Z. X. 1882. VI. 493—510.

** K. Haushofer, Orthoklaszwillinge von Fichtelberg. Z. X. 1879. III. 601.

artige winzige Säulchen gruppiren sich nicht selten zu radialstengligen Aggregaten. Ja sie bilden förmliche Sphärokrystalle, die frei im Gestein liegen oder sich an ältere Orthoklaskrystalle büschelförmig ansetzen. Solche Orthoklas-Mikrolithe zeigen, wie alle derartige fast trichitische Gebilde, gern eine Zerfaserung in divergirende, gebogene Fortsätze*.

Zonare Structur ist sehr verbreitet und giebt dann Aufschluss über die ursprüngliche Krystallform, wenn diese durch spätere Vorgänge zerstört wurde. Bei vollkommener Frische der Krystalle ist sie oft kaum wahrnehmbar; sie tritt dann erst hervor, wenn man den Condensator senkt, um stark divergente Strahlen zu erhalten, oder wenn man zwischen gekreuzten Nicols in einer Halbdunkelstellung beobachtet. Besonders deutlich wird sie durch Interpositionen, zumal Glaseinschlüsse in den Sanidinen, und durch beginnende Zersetzung markirt, welche den Anwachsflächen folgt (Taf. XXII Fig. 1).

Die chemische Corrosion der älteren Ausscheidungen durch das Magma bei Aenderungen in dessen Zusammensetzung oder physikalischen Verhältnissen rundet die Krystallform der Orthoklase oft bis zur Unkenntlichkeit ab; dieselben werden hiedurch bisweilen (so in manchen Quarzporphyren) zu kugligen Körnern. Doch scheinen die bizarren Einbuchtungen, wie analoge Processe sie bei Quarz, Haüyn u. s. w. erzeugen, sehr selten zu sein. — Mechanische Deformationen sind in den porphyrischen Eruptivgesteinen sehr verbreitet; die Krystalle sind durch Bewegungen des Magmas, das sie umschloss, zerbrochen und zu eckigen und scharfkantigen Körnern geworden. In den krystallinen und halbkrystallinen Schiefern und ihren feldspathführenden Einlagerungen schichtiger und eruptiver Natur tritt durch die mechanischen Vorgänge bei der Schichtenfaltung und Gebirgsbildung gar oft eine randliche Zerreibung und Quetschung der Orthoklaskrystalle ein (Taf. III Fig. 5), die bis zur vollkommenen Zertrümmerung vorschreiten kann, so dass aus einem ursprünglichen einheitlichen Individuum ein gänzlich verworrenes Aggregat wird. In andern Fällen bringen diese Processe

* E. Kalkowski, Ueber den Piperno. Z. D. G. G. 1878. XXX. 663—677. — O. Mügge, Petrographische Untersuchungen an Gesteinen von den Azoren. L. J. 1883. II. 189—244. — Fr. Rutley (Q. J. g. S. 1875. XXXI. No. 123. pg. 479) beschreibt Wachsthumsformen, von denen sich nicht mit Sicherheit erkennen lässt, ob sie dem Orthoklas oder einem triklinen Feldspath angehören. Letzteres ist das Wahrscheinlichere.

nur kleinere moleculare Verschiebungen und Spannungen hervor, die dann erst durch die optischen Phänomene (continuirlich mit dem Ort wechselnde Orientirung der Elasticitätsaxen und dadurch bedingte, sogenannte undulöse Auslöschung) zur Erscheinung gelangen (Taf. III Fig. 5).

Die Spaltung der Feldspathe nach den Flächen P und M ist eines der wichtigsten Hülfsmittel der mikroskopischen Diagnose. Die Blätterdurchgänge nach P sind die vollkommensten und leichtesten, die nach M wechseln etwas und erreichen bisweilen fast die erstgenannten an Güte. Immerhin ist die Spaltung nach beiden Flächen nicht vollkommen genug, um auch an dickeren Präparaten sichtbar zu werden. Sobald diese jedoch in hinreichender Dünne hergestellt werden, documentiren sich beide Blätterdurchgänge durch ziemlich scharfe und geradlinige Risse (Taf. X Fig. 2), welche parallel P etwas dichter gedrängt liegen und auf längere Entfernung hin anhalten, als parallel M. In manchen Sanidinen und Orthoklasen ist jedoch kaum P und M sicher durch die Spaltung zu unterscheiden. — Die Spaltrisse liegen auf Schnitten nach P und M. sowie in allen Schnitten, die in der Zone dieser Flächen liegen, einander parallel; sie durchkreuzen sich rechtwinklig in allen Schnitten, der Zone oP : ∞P∞ (001 : 100). Auf der Fläche M schneiden sie sich unter dem Winkel $\beta = 63^{\circ}\,53'$ und in den Schnitten der Zone ∞P∞ : ∞P∞ (100 : 010) kreuzen sie sich unter Winkeln, welche zwischen 90° und 63° 53′ liegen.

Auf eine gewisse Gruppe von Feldspathen ist das Vorhandensein einer Theilbarkeit nach einer steilen positiven Orthodomenfläche beschränkt. Sie wurde zuerst von Lévy am sog. Murchisonit von Dawlish und Heavytree bei Exeter, ebenso von Des Cloizeaux, von E. Reusch am Mondstein von Ceylon, Adular vom Zillerthal und sog. Mikroklin von Frederiksvaern, dann von W. Cross am Sanidin des Nevadit von Chalk Mountain, Denver Co., Col., von Jeremejeff** am Feldspath des Uralitsyenit vom Turgojaksee im Ural und von Fr. Graeff*** am Orthoklas des Eläolithsyenit von der Serra de Tinguá, von A. Sauer† am Orthoklas des Granitit von Durbach beobachtet. W. Cross fand den Winkel dieser Spaltbarkeit zur Basis zu 72° 52′ und giebt darnach das Doma $\frac{1}{5}$P∞

* Bull. U. S. geol. Survey. No. 20. 1885. pg. 75.

** L. J. 1872. 404.

*** L. J. 1887. II. 228.

† Mittheil. Bad. geol. Landesanstalt. 1891. II. 250

(15 . 0 . 2) als Spaltfläche, welches gegen oP (001) um 72° 40′ geneigt ist. Des Cloizeaux giebt dieser Theilbarkeit die Lage von 7P∞ (701), welche 73° 13′ gegen oP geneigt ist, ebenso Graeff, der die Neigung im Schliffe nach ∞P∞ (010) zu 73° mass. Reusch fand sie 73° 10′ am Mondstein von Ceylon, 74° 15′ am Adular vom Zillerthal gegen oP (001) geneigt. — Brögger*, der diese Theilbarkeit am farbenschillernden Feldspath (Kryptoperthit) der Gegend von Frederiksvaern eingehend studirte, fand für dieselbe keine bestimmte Lage. Sie ging parallel ∞P∞ (100) im Feldspath von Udkiksö (Neigung gegen oP = 63° 58′), parallel 8P∞ (801) in dem Vorkommen von Ula (Neigung gegen oP = 72° 1′). — Die meisten Feldspathe, welche diese Spaltung zeigen, sind durch einen lebhaften Farbenschiller auf den steilen Flächen der Orthozone ausgezeichnet, die man denn auch mit dieser Theilbarkeit in ursächliche Beziehung gebracht hat. Dass dieses für die südnorwegischen labradorisirenden Feldspathe nicht zutreffe, dass die Ursache vielmehr in äusserst feiner mikroperthitischer Verwachsung von Orthoklas und Albit zu suchen sei, hatte ich ausgesprochen und wurde von Brögger erwiesen. Wenn Brögger nicht in mikro-, sondern in krypto-perthitischer Verwachsung von Orthoklas und Albit die Ursache sieht und findet, dass bei mikroperthitischer Verwachsung kein Farbenschiller vorhanden sei, so fragt es sich, wo die Grenze von krypto- und mikroperthitisch liegt. Uebrigens ist diese Theilbarkeit in dem Orthoklas der Serra de Tinguá und des Schwarzwaldes mit keinem Farbenphänomen verbunden. — Ich hatte früher darauf hingewiesen, dass es vorwiegend Na-reiche Orthoklase seien, die diese Theilbarkeit — man nennt sie wohl Murchisonitspaltung — zeigen. Auch das ist nicht allgemein giltig. Die Feldspathe der Serra de Tinguá und des Schwarzwaldes sind normaler Orthoklas. — Für die Frederiksvaerner Feldspathe glaubt Brögger die Ursache der Theilbarkeit in der perthitischen Penetration und in beginnender Lösung auf der Grenzfläche der beiden Feldspathe zu finden. Dann ist bei der unregelmässigen Gestalt der Albitindividuen die Ebenflächigkeit dieser Spaltung auffallend.

Ausser dieser Spaltbarkeit, welche durch chemische Veränderungen rasch verloren geht, dann aber oft durch die Anordnung der Umwandlungsproducte markirt wird, trifft man bei dem Sanidin sehr verbreitet eine rohe Absonderung, die annähernd parallel der

* Z. X. 1890. XVI. 541.

Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (100) läuft. Die ihr entsprechenden Risse sind nie geradlinig und nie streng parallel (Taf. XXII Fig. 2); sie entstehen jedoch in den Dünnschliffen bedeutend früher, als die Spaltrisse nach P und M, sind also in dickeren Präparaten allein sichtbar.

Die Orthoklase werden farblos durchsichtig. Ihr Brechungsvermögen ist gering, sehr nahezu gleich dem des Canadabalsams, ihre Doppelbrechung ebenso, schwach bis sehr schwach, schwächer als diejenige des Quarzes und der Kalk-Natronfeldspathe. Es wurde gefunden:

am Adular des St. Gotthard . .	$\alpha_{Na} = 1.5165$	$\beta_{Na} = 1.5205$	$\gamma_{Na} = 1.5257$	Patton
	$\alpha_{Na} = 1.5190$	$\beta_{Na} = 1.5237$	$\gamma_{Na} = 1.5260$	Des Cloizeaux
am Sanidin von Wehr . . .	$\alpha_{\varrho} = 1.5170$	$\beta_{\varrho} = 1.5239$	$\gamma_{\varrho} = 1.5240$	Des Cloizeaux bei normalsymmetrischer Axenlage
	$\alpha_{v} = 1.5256$	$\beta_{v} = 1.5355$	$\gamma_{v} = 1.5356$	Des Cloizeaux bei symmetrischer Axenlage.

$\gamma - \alpha$ schwankt bei normalen Verhältnissen um 0.008—0.005 und die Interferenzfarben überschreiten selbst in dickeren Schliffen nicht die erste Ordnung, erreichen in brauchbaren Präparaten höchstens das Gelb I. Ordnung.

Alle orthotomen Feldspathe sind optisch negativ, in der Regel liegt die Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene und bildet mit der Axenebene ab einen Winkel von 3°—7° im stumpfen Winkel β. In seltenen Fällen, wie es scheint bei hohem Natrongehalt*, wächst diese Neigung auf 10°—12°. Die horizontale Dispersion ist sehr deutlich und $\varrho > v$. Der Axenwinkel schwankt in weiten Grenzen; er ist bei den eigentlichen Orthoklasen stets gross, $2E = 119°—125°$, bei den Sanidinen an Krystallen desselben Gesteins, ja an Platten eines und desselben Krystalls wechselnd, aber stets kleiner, zwischen 50° und 0° in Luft. Das Schema Fig. 215 erläutert diese Verhältnisse; man sieht, dass auf der Fläche M die stumpfe positive Bissectrix austritt, während Platten nach der Absonderungsfläche, welche annähernd dem Orthopinakoid par-

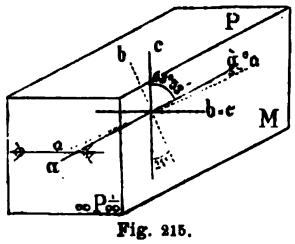


Fig. 215.

* Dieser dürfte in der Regel durch kryptoperthitische Verwachsungen von Orthoklas und Albit zu erklären sein.

allel geht, nahezu senkrecht zur spitzen negativen Bissectrix liegen und das Interferenzbild geben. Ebenso werden alle Schnitte aus der Prismenzone Axenbalken, beziehungsweise Axenaustritt wenig schief im Gesichtsfeld zeigen. Die Trace der Axenebene läuft immer im Sinn der vollkommenen Spaltbarkeit.

Die Auslöschungsrichtungen im parallel polarisirten Lichte liegen in allen Schnitten der orthodiagonalen Zone parallel und senkrecht zur vollkommenen Spaltbarkeit; sie bilden in der Zone P : M kleine Winkel mit den hier parallelen Spaltungen nach P und M, welche von 0° auf P bis zu 3°—7°, selten bis zu 12° auf M wachsen. In der Zone $\infty P\breve{\infty} : \infty P\breve{\infty}$ misst man die Auslöschungsschiefe besser gegen die zweite Spaltbarkeit nach M; sie beträgt auf dieser Fläche alsdann etwa 21°, wächst anfangs sehr langsam bis zu einem Schnitt, der 45° gegen M geneigt wäre, dann rasch bis auf 90°.

Bei Karlsbader Zwillingen sind die Tracen der Axenebenen der verzwillingten Individuen parallel. Daraus ergiebt sich das Verhalten im convergenten Lichte. Im parallelen Lichte löschen in der Zone $oP : \infty P\breve{\infty}$ (001 : 100) beide Individuen gleichzeitig aus und die Spaltrisse liegen parallel den Auslöschungsrichtungen. — In der Zone $\infty P\breve{\infty} : \infty P\breve{\infty}$ (100 : 010) liegen Spaltrisse und Auslöschungen parallel und senkrecht zur Zwillingsnaht auf der erstgenannten Fläche; auf der letztgenannten Fläche geht die Spaltbarkeit nach M parallel der Zwillingsnaht, die Spaltrisse nach P bilden einen Winkel von 127° 46′ = $2\measuredangle\beta$ und werden symmetrisch von der Zwillingsnaht halbirt (Fig. 216). Die Auslöschungsrichtungen der beiden Individuen bilden einen Winkel von $2 \times 21° = 42°$, der gleichfalls von der Trace der Zwillingsgrenze halbirt wird. In Schnitten dieser Zone mit wachsender Neigung gegen M wächst der Winkel der Spaltrisse von 127° 46′ bis zu 180°, der Winkel der beiden Auslöschungsrichtungen anfangs langsam, dann sehr rasch von 42° auf 180°. Stets halbirt die Zwillingsgrenze Spaltrisse und Auslöschungswinkel symmetrisch (Taf. XXI Fig. 5). — Die Zone P : M ist den beiden Individuen eines Karlsbader Zwillings nicht mehr gemeinsam, vielmehr fällt die Zone P : M des einen Individuum annähernd zusammen mit der Zone x : m des zweiten Individuum. Im ersten Krystall werden demnach alle Schnitte Spaltrisse haben, welche zu einander und zur Zwillingsnaht parallel laufen und gegen welche die Auslöschungsrichtungen

Fig. 216.

von 0° auf P bis zu 3°—7°, eventuell bis zu 12° auf M geneigt sind; im zweiten Krystall, der also bei basalem Schnitt des ersten annähernd nach x getroffen wird, schneiden sich die Spaltrisse rechtwinklig und ihnen parallel geht die Auslöschung. Mit zunehmender Neigung nach M hin nimmt der Winkel der Spaltrisse bis auf etwa 54° ab. Die Auslöschung wächst gegen die Zwillingsgrenze gemessen von 0° bis zu 47° etwa auf derselben Seite wie im ersten Individuum.

Bei Bavenoer Zwillingen sind nur die Querschnitte und die Zone P : M von Bedeutung, da diese stets lang prismatisch nach a sind. Auf Querschnitten liegt die Trace der Zwillingsgrenze diagonal gegen die Spaltrisse (Taf. XXI Fig. 6) und die Umgrenzung, und im convergenten Licht hat man zwei zu einander senkrecht stehende Interferenzfiguren (Fig. 217). — In Schnitten der Zone P : M gehen die Spaltrisse beider Individuen zu einander und zur Zwillingsgrenze parallel; gegen diese wächst die Auslöschungsschiefe im einen Individuum von 0° bis zu 3°—7°, während sie in dem andern in denselben Grenzen abnimmt. Das Maximum der Auslöschungsschiefe im einen Individuum fällt zusammen mit dem Minimum im andern.

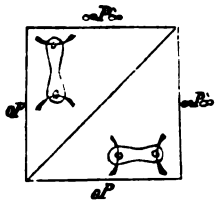


Fig. 217.

Das optische Verhalten der Manebacher Zwillinge leitet sich nach dem Gesagten leicht ab. Sie haben die Zone P : M und oP : ∞P∞ gemeinsam. Der Zone M : ∞P∞ des einen entspricht eine nicht charakteristische Zone M : mP∞ des andern Krystalls.

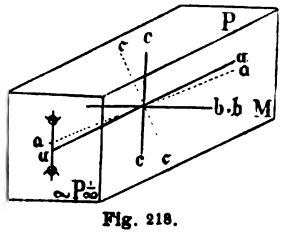


Fig. 218.

In selteneren Fällen findet man in Sanidinen der Lavagesteine, häufiger in den lose ausgeworfenen Sanidinen und in denen der Lapilli, dass die Axenebene in der Symmetrieebene liegt (Fig. 218). also senkrecht zur vollkommensten Spaltbarkeit. Die Dispersion ist alsdann $\varrho < v$. Der Axenwinkel stets klein bis sehr klein. $2E = 40°—0°$; ja man findet Exemplare, bei denen die Axenebene für rothes Licht senkrecht zu M, die für blaues Licht in M liegt. Die Orientirung der Elasticitätsaxen ist in allen Fällen sehr annähernd die gleiche. Die Auslöschungsschiefen in den Hauptzonen sind allerdings nun z. Th. andere, doch lohnt sich die Ableitung an dieser Stelle nicht wegen der Seltenheit derartiger Vorkomm-

nisse. Die mit symmetrischer Axenlage verbundene geneigte Dispersion pflegt nicht stark zu sein.

Pleochroismus oder merkliche Absorptionsunterschiede zeigen die Orthoklase nicht.

Des Cloizeaux, welcher die optischen Verhältnisse vieler Feldspathe untersuchte, machte die interessante Entdeckung, dass eine Erhöhung der Temperatur den Axenwinkel der Feldspathe verkleinert, so lange die Axenebene normalsymmetrisch liegt, vergrössert, wenn sie mit der Symmetrieebene zusammenfällt. Bei hinreichender Erwärmung sinkt der Axenwinkel der normalsymmetrischen Axen nach und nach für alle Farben, mit blau beginnend, auf o, die Axen treten in die Symmetrieebene über, ohne dass die stumpfe Bissectrix ihre Lage änderte, und öffnen sich nun mehr und mehr mit zunehmender Erhitzung. Der Vorgang beruht also auf einer Veränderung des relativen Werthes von b und c; ihr Unterschied nimmt ab bis auf Null und dann vertauscht sich ihr Werth ohne bedeutende Veränderung ihrer Lage. Mit abnehmender Temperatur tritt die rückläufige Bewegung ein bis zur Wiederkehr der ursprünglichen Verhältnisse, wenn die angewandte Temperatur 500° C. nicht überschritt. Setzt man dagegen die Platten längere Zeit einer Temperatur von 600°—1000° C. aus, so bleiben die eingetretenen Veränderungen constant und der ursprüngliche optische Zustand ist nicht wieder herstellbar. Schon Des Cloizeaux hatte die wechselnde Lage der Axenebenen und die Schwankungen im Axenwinkel bei den Feldspathen mit diesen Beobachtungen in Verbindung gebracht; Weiss prüfte darnach eine bedeutende Anzahl der gesteinsbildenden Orthoklase optisch und untersuchte, in wie weit ihr optisches Verhalten mit den Entstehungsbedingungen der sie beherbergenden Gesteine im Einklang stehe. Er nennt diejenigen Orthoklase analog, bei denen der negative Axenwinkel sich mit der Temperatur in gleichem Sinne ändert, antilog solche, bei denen die Aenderungen dieses Winkels im umgekehrten Sinne, wie die Temperatur, verlaufen. Nach seinen Beobachtungen ist das Verhalten der Orthoklase gegen Temperaturerhöhungen z. Th. generell, z. Th. individuell. Generell ist der negative Charakter der Doppelbrechung, individuell die Lage der optischen Axen und ihr Winkel. Es giebt unter den Feldspathen antiloge, analoge und solche, die antilog und analog sind; dabei aber ist es eine generelle Erscheinung, dass die antiloge Periode der analogen vorausgeht und dass alle Krystalle antilog sind, so lange ihre Axen in einer zu $\infty P\bar{\infty}$

(010) senkrechten Ebene liegen, analog aber, sobald $\infty P\bar{\infty}$ (010) die optische Axenebene ist. Generell ist es ferner, dass auch nach Eintreten permanenter Veränderungen in der Lage der optischen Axen der Krystall noch immer den oben ausgesprochenen, thermischen Gesetzen folgt. Individuell dagegen ist die Empfindlichkeit des Krystalls gegen den Einfluss der Wärme, sowohl in Beziehung auf die vorübergehenden, wie dauernden optischen Modificationen, also auch die Temperaturgrenze, bei welcher die Modificationen permanent werden und die Grösse der bei gewissen Temperaturen sich vollziehenden permanenten Veränderungen in der Lage der optischen Axen. Demnach können in einem Krystall bei einer bestimmten Erwärmung die optischen Axen schon in $\infty P\bar{\infty}$ (010) übergegangen sein, bei welcher in einem andern Krystall sich nur der Winkel derselben in einer zu $\infty P\bar{\infty}$ (010) senkrechten Ebene um gewisse Grade verkleinert hat. Individuell ist ferner die grössere oder geringere Gleichförmigkeit der Eigenschaften in den einzelnen Theilen eines und desselben Krystalls. Generell dagegen ist es, dass bei antilogen Krystallen die optischen Axen für blaues Licht früher, d. h. bei geringerer Temperatur, in die Symmetrieebene übergehen, als die Axen für rothes Licht.

Eine bestimmte gesetzmässige Beziehung zwischen der optischen Orientirung eines Feldspaths und der wahrscheinlichen Bildungstemperatur des ihn enthaltenden Gesteins stellte sich, wie von vornherein zu erwarten war, nicht heraus.

Das specifische Gewicht ist für Sanidin und Orthoklas im unveränderten Zustande genau das gleiche, 2.54—2.56. Dasselbe gestattet ohne Schwierigkeit eine mechanische Trennung von den Kalk-Natron-Feldspathen. — Chemische Zusammensetzung $K Al Si_3 O_8$; doch sind stets wechselnde Mengen eines analog zusammengesetzten Natronmolecüls isomorph beigemischt. Da fast ganz allgemein verbreitet auch mechanische Verwachsungen mit Natronfeldspath vorkommen, so lässt sich aus den Analysen nicht erkennen, wie viel Kali durch Natron ersetzt worden ist. — Salzsäure greift den Orthoklas auch in der Wärme nicht merklich an, durch Flusssäure wird er überaus leicht zerstört.

Die künstliche Darstellung des Orthoklases ist bisher nicht unter Verhältnissen gelungen, welche sich direct mit den Entstehungsbedingungen dieses Minerals in der Natur vergleichen liessen. P. Hautefeuille* erhielt messbare Orthoklaskrystalle durch mehr-

* C. R. 1877. LXXXV. 952 u. 1880. XC. 830.

tägige Erhitzung eines Gemenges von Wolframsäure mit starkem Ueberschuss von Kali und mit Thonerde und Kieselsäure im Verhältniss 1 : 6 auf 900°—1000°. Bei späteren Versuchen ersetzte Hautefeuille das Alkaliwolframiat durch Alkaliphosphate; bei Zusatz von etwas Fluoralkali konnte Orthoklas und Quarz neben einander schon bei 7—800° C. erhalten werden. Es ist möglich, dass die bei Hochofenprocessen (Sangerhausen) gebildeten Orthoklase ähnlich durch Einwirkung flüchtiger Alkalifluophosphate auf die Kiesel- und Thonerde der Ofenwände entstanden seien. — Friedel und Sarasin* stellten den Orthoklas auf wässrigem Wege dar. Sie hielten eine Lösung von basischem Kalisilikat mit gefällter kieselsaurer Thonerde in einer mit Platin ausgekleideten Glasröhre mehrere Tage bei dunkler Rothgluth. Neben Orthoklas bildete sich etwas Quarz. — Bei ihren Versuchen zur Darstellung von Nephelin und Leucit durch Einwirkung von Alkalien und Alkalisilikaten auf Muscovit erhielten Ch. und G. Friedel** ebenfalls Orthoklas in Krystallen. — Ein Silikatglas von der Zusammensetzung des Orthoklas lässt sich nicht nach der von Fouqué und Michel-Lévy bei den basischen Feldspathen mit so viel Erfolg angewandten Methode der längeren Erwärmung auf zähflüssigen Zustand zur Krystallisation bringen.

Der Sanidin tritt in den Gesteinen entweder als älterer Einsprengling auf und hat dann genau die Formenausbildung der makroskopischen Krystalle, recht dünntafelförmig nach M oder schlank säulenförmig nach a. Seine Entstehung folgt derjenigen der eisenhaltigen Gemengtheile, der Haüynmineralien, des Nephelin und z. Th. der Plagioklase; sie geht voraus derjenigen des Quarzes. Diese Einsprenglinge sind selten einschlussfrei und dann wasserhell. Häufiger umhüllen sie die älteren, mit ihnen associirten Mineralien und ganz besonders Gas- und Glaseinschlüsse, die letzteren in oft mehr oder weniger entglaster Ausbildung. Die Form dieser Einschlüsse ist entweder regellos oder dem Wirthe entlehnt, dann die Combination P . M . y . l zeigend. Flüssigkeitseinschlüsse sind selten. Die Anordnung dieser Interpositionen ist selten regellos; meistens liegen sie in concentrischen Zonen gleichmässig durch den ganzen Durchschnitt, oder central, oder endlich peripherisch dichter gedrängt. — Auch findet man wohl (Drachenfels) einen streifenartigen

* Bull. Soc. min. Fr. 1879. II. 158 u. 1880. III. 171; — C. R. 1881. XCII. 1374.
** Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 133.

Wechsel einschlussfreier und einschlussreicher Bänder parallel M, seltener parallel P.

Gesetzmässige Verwachsungen der Sanidineinsprenglinge mit triklinen Feldspathen sind überaus häufig und folgen bei aller Mannichfaltigkeit der Erscheinung dem Gesetz, dass beide Feldspathe M und die Kante M : l gemeinschaftlich haben. Diese Verwachsung kann eine vollständige Umhüllung sein (Taf. XXII Fig. 3), wobei der Sanidin fast stets randlich, sehr selten innen liegt, oder die Feldspathe berühren sich nur einseitig, oder endlich sie durchdringen sich mit unregelmässigen Grenzen, so dass sie also im Durchschnitt sich gegenseitig in regellos begrenzten Fetzen einschliessen. Sehr selten zeigen die Sanidineinsprenglinge eine mikroklinartige Structur (Anorthoklase?); Mügge* beschreibt dieselbe aus olivinführendem Trachyt von Fayal.

Wo der Sanidin in zweiter Generation in der Grundmasse wiederkehrt, pflegt er einschlussfrei zu sein.

Im Allgemeinen zeigen die Sanidine keine Zersetzungserscheinungen; nur in den Phonolithen ist eine Umwandlung in zeolithische Aggregate recht verbreitet (Taf. XXII Fig. 4). — Rothe Farbe, welche bei Sanidinen bisweilen auftritt, ist durch Infiltrationen von Eisenoxyd bedingt.

Der Orthoklas hat selbst bei grösster Frische nie den glasigen Habitus der Sanidine, auch nicht die Theilbarkeit nach einer annähernd orthopinakoidal liegenden Fläche. Die vollkommen frischen Exemplare ähneln dem Adular. Man kann passend den Orthoklas der porphyrischen Gesteine von dem der körnigen trennen; letzterem ist der Orthoklas der krystallinen und phyllitischen Schiefer nahe verwandt.

Der Orthoklas der porphyrischen Gesteine ähnelt in der Formenbildung dem Sanidin, so lange er als Einsprengling auftritt. Einschlüsse sind jedoch weit spärlicher vorhanden und die Glaseinschlüsse sind zufolge des Erhaltungszustandes der Gesteine ziemlich selten mit Sicherheit als solche zu erkennen. Der Orthoklas der späteren Generationen porphyrischer Gesteine ist einschlussfrei, hat aber entgegen dem Sanidin meistens äquidimensionale Ausbildung. Die Verwachsungen mit triklinen Feldspathen sind analog denen des Sanidin; sehr häufig sind die gegenseitigen Durchdringungen mit Quarz, welche man als granophyrische Verwachsungen bezeichnet

* L. J. 1883. II. 204.

hat (Taf. VII Fig. 4). Charakteristisch ist es, dass Verwachsungen mit Mikroklin nur in solchen porphyrischen Gesteinen vorkommen, die wie die Granitporphyre den körnigen überaus nahe stehen.

Der Orthoklas der körnigen Gesteine und krystallinen Schiefer zeigt nur unvollkommen idiomorphe bis allotriomorphe Begrenzung; Glaseinschlüsse sind nicht bekannt; dagegen sind Flüssigkeitseinschlüsse sehr verbreitet in frischen Orthoklasen, verschwinden allerdings sehr bald bei Umwandlungsvorgängen. Ausser den ältern associirten Mineralien umhüllt der Orthoklas gelegentlich Eisenglanzblättchen und mikrolithische Interpositionen. Doch ist das stets ein locales, individuelles, kein allgemeines Phänomen. Besonders die sog. labradorisirenden Feldspathe der pegmatitischen Gänge im Augitsyenit von Südnorwegen enthalten diese nadelförmigen Einschlüsse. Die Anordnung der Einschlüsse ist auch im Orthoklas eine meistens gesetzmässige, zonare, centrale oder peripherische. — Die Neigung des Orthoklases zu Verwachsungen mit triklinem Feldspath ist eine ganz ausserordentliche; man wird kaum ein Präparat eines Granits, Syenits, Eläolithsyenits oder Gneiss genau studiren, ohne dieser Verwachsung zu begegnen. Dieselbe ist, wie beim Sanidin, entweder eine Umhüllung — der seltenste Fall — oder eine einfache Juxtaposition, oder endlich eine vollständige Durchdringung, letzteres der bei weitem häufigste Fall. Auch hier liegt das Gesetzmässige der Erscheinung ausnahmslos darin, dass die verwachsenen Feldspäthe die zweite Spaltfläche M und die Kante M : l gemeinsam haben. Bei der grossen Formenverwandtschaft aller Feldspathe sind diese Verwachsungen meistens nur im polarisirten Lichte wahrzunehmen und zu deuten, geben sich aber allerdings in manchen Fällen schon durch gewisse makroskopische Phänomene (matte Stellen auf der Hauptspaltfläche, streifiges Aussehen der zweiten) zu erkennen. Als mit dem Orthoklas derart verwachsen kennt man bisher den Mikroklin, den Albit und den Oligoklas. — Die mantelförmige Umhüllung, wie sie in den Rapakiwi-Graniten so schön ausgebildet ist, bedarf keiner Beschreibung. Durchdringungen von Orthoklas mit Mikroklin und Albit beschrieben besonders Klockmann*, Beutell**, Kloos***, Brögger (l. c.) und Sauer (l. c.). Taf. XXII Fig. 5 giebt in einem willkürlichen Schnitt ein Beispiel der Durchdringung von Orthoklas

* Z. D. G. G. 1879. XXXI. 421.
** Z. X. 1883. VIII. 351.
*** L. J. 1884. II. 87.

und Plagioklas. Auf Schnitten nach P erkennt man den Orthoklas an seiner zur Spaltung nach M geraden Auslöschung, während die Plagioklase und der Mikroklin gegen dieselbe Richtung mehr oder weniger schief auslöschen. Die Spaltrisse nach M gehen ununterbrochen durch die verschiedenen Feldspäthe hindurch. Auf Schnitten nach M laufen die Spaltrisse nach P nur annähernd parallel durch Orthoklas und Mikroklin einerseits, Albit und Oligoklas andererseits. Orthoklas und Mikroklin sind in solchen Schnitten schwer unterscheidbar von einander, während Albit und Oligoklas an ihrer abweichenden Auslöschungsschiefe leicht zu bestimmen sind. In regellosen Schnitten erkennt man die Verwachsung an der verschiedenen Lage der Auslöschungen in den verwachsenen Feldspathen, z. Th. auch an dem localen Auftreten von Zwillingslamellen der Plagioklase, und an der Verschiedenheit der Interferenzfarben. Doch ist die Bestimmung der einzelnen verwachsenen Individuen nur selten mit Sicherheit in solchen Schnitten ausführbar. — Zwischen Orthoklas (mit oder ohne Mikroklin) und Albit ist besonders die lamellare Verwachsung verbreitet, wie sie makroskopisch im Perthit vorliegt. Die Albitlamellen werden dabei oft so ausserordentlich fein, dass sie selbst bei schwacher mikroskopischer Vergrösserung nicht mehr als solche wahrnehmbar sind. Dieselben liegen am häufigsten parallel der Prismen- oder der Orthopinakoidfläche, seltener parallel einer steilen Orthodomenfläche, wie sie oben S. 630 als Spaltfläche beschrieben wurde. Solche Art der Verwachsung beschreiben Brögger aus den Pegmatiten der südnorwegischen Augitsyenite, Sauer aus dem Granitit von Durbach im Schwarzwald, im Orthoklas. Alle diese Verwachsungen bedingen, dass die Schnitte der Prismenzone ein streifiges Aussehen haben (Taf. XXII Fig. 6). Bei noch mehr abnehmenden Dimensionen erscheinen diese Schnitte geradezu feinfasrig und zeigen sehr verschiedene Helligkeit, je nachdem das Licht parallel oder senkrecht zur Längsaxe der Lamellen hindurchgeht, so z. B. bei den Feldspathen mancher sächsischer Granulite. Endlich erreichen diese Albitlamellen solche Zartheit, dass man erst bei sehr starken Vergrösserungen dieselben als solche erkennt, oder oft sogar mehr ahnt als eigentlich erkennt; dann sind die Orthoklase, die sie beherbergen, bisweilen mit einem vorzüglich deutlichen blauen Lichtschein auf dem Orthopinakoid und diesem nahe liegenden Flächen ausgestattet, wie manche Adulare, der Mondstein von Ceylon, und die schillernden Orthoklase von Frederiksvärn. Mögweise — ja man darf nach Brögger's Untersuchungen (l. c.)

über den Natronorthoklas (Kryptoperthit) von Frederiksvärn und Ula wohl sagen sehr wahrscheinlich — erklären auch diese submikroskopischen Albitlamellen die grössere Auslöschungsschiefe auf M bei solchen Feldspathen, welche nahezu das Mittel dieser Werthe für Orthoklas und Albit ist. Es dürften auf diese Weise vielleicht alle denkbaren Uebergänge von mikroskopischer lamellarer Verwachsung bis zu geradezu isomorpher Mischung vorkommen, wie andererseits alle Uebergänge von diesen mikroskopischen Verwachsungen, welche Becke* sehr glücklich mikroperthitische genannt hat, zu den makroskopischen bekannt sind. Taf. XXIII Fig. 1 zeigt solche mikroperthitische Orthoklas-Albit-Gemenge in Schnitten nach verschiedener Richtung. Man erkennt an den annähernd basalen Schnitten, dass der Albit dünne Stengel bildet; dieselben werden bei grösseren Dimensionen zu schmalen Lamellen und spindelförmigen Körpern. Statt des Albit scheint auch ein sehr saurer Kalknatronfeldspath diese mikroperthitischen Verwachsungen bilden zu können. Für die nicht mehr mikroskopisch erkennbare Durchdringung von Orthoklas und Albit darf man eigentlich streng genommen nicht die von Brögger eingeführte Bezeichnung kryptoperthitisch gebrauchen, da er hiermit den Begriff der pseudomonoklinen Krystallisation zwingend verbindet.

Der Orthoklas verdankt sein derbes und trübes Aussehen einer mehr oder weniger vorgeschrittenen Umwandlung zu Muscovit oder Kaolin. Die beiden Vorgänge, welche chemisch sehr nahe verwandt sind und auf einer partiellen oder totalen Ersetzung des Kalis durch Wasser neben Ausscheidung von $4SiO_2$ beruhen, zeigen auch morphologisch die grösste Aehnlichkeit und sind mikroskopisch nicht immer mit Sicherheit zu unterscheiden. Es bilden sich in beiden Fällen auf den Spaltdurchgängen feinblättrige Aggregate einer vollkommen monotomen Substanz, die farblos ist und, wenn Muscovit starke, wenn Kaolin schwache Doppelbrechung besitzt. Der Feldspath sieht wie gequollen aus und wird um so undurchsichtiger und erdiger, je feinblättriger die Structur der Neubildungen ist. Der Process beginnt sehr oft im Innern des Orthoklas, zumal wenn hier reichliche Einschlüsse ursprünglich vorhanden und also die Angriffsoberfläche für die Atmosphärilien eine möglichst grosse war, und schreitet nun auf den Spaltflächen vor. Bei zonarer Structur sind auch die Schalenflächen des Wachsthumsfortschritts vorwiegend der

* T. M. P. M. 1881. IV. 197. Annähernd richtig deutete diese „streifigen Orthoklase" schon Dathe in Z. D. G. G. 1877. XXIX. 290.

Umwandlung günstig. Bei der Umwandlung zu Kaolin sind die Dimensionen der Neubildungen wohl stets kleiner, als bei derjenigen zu Muscovit. Zur Unterscheidung kann es auch dienen, dass eine Umwandlung zu Muscovit das specifische Gewicht des Orthoklas erhöhen, eine solche zu Kaolin dasselbe erniedrigen muss. Taf. XXIII Fig. 2 giebt das Bild eines vollständig zu Muscovit (Pinitoid) umgewandelten Orthoklases. — Quarz ist derartigen Pseudomorphosen ziemlich constant, aber in wechselnden Mengen beigemischt. Ausserdem infiltriren auf den gelockerten Blätterdurchgängen Eisen-, Mangan- und Kalk-haltige Lösungen und setzen Limonit, Pyrolusit und Calcit ab*. — Unter Mitwirkung so zusammengesetzter Lösungen entsteht sicherlich auch der so oft in zersetztem Orthoklas vorhandene Epidot. — Die Umwandlung in Hydrargillit liefert Aggregate, welche den bei der Umwandlung zu Muscovit entstehenden sehr ähnlich sind.

Auch bei der sog. Pseudomorphose von Cassiterit nach Orthoklas von Huel Coates im Kirchspiel St. Agnes, Cornwall, bildet neben Cassiterit, Turmalin und Quarz der Muscovit einen Hauptgemengtheil**. Denselben Processen, welche diese Pseudomorphose hervorbrachten, scheint die Umwandlung des Granits in Greisen zugeschrieben werden zu müssen.

---

* cf. K. Dalmer, Die Feldspathpseudomorphosen der Wilhelmsleite bei Ilmenau. L. J. 1878. 225—264.

** J. Arthur Phillips, On the structure and composition of certain pseudomorphic crystalls, having the form of orthoclase. Journ. of the Chemical Society. Aug. 1875.

Mineralien des triklinen Krystallsystems.

Die Mineralien des triklinen oder asymmetrischen Krystallsystems sind vorwiegend durch negative Kennzeichen charakterisirt. Die Durchschnitte durch dieselben sind in allen Zonen unsymmetrisch; ebenso die durch sich schneidende Spaltrisse entstehenden Figuren. Alle Blätterdurchgänge gehen nur nach einer Fläche; es kann also keine gleichwerthigen Spaltrisse geben, die sich schnitten. Zum Durchschnitt gelangende Spaltrisse gehören stets krystallographisch ungleichwerthigen Flächen zu. Im Allgemeinen hat man diejenigen Flächen, denen parallel Blätterdurchgänge vorhanden sind, zu Pinakoiden gemacht.

Die triklinen Mineralien sind optisch zweiaxig; ihr Elasticitätsellipsoid ist dreiaxig, aber ein anderes für jede Wellenlänge. Es findet somit eine Dispersion der optischen und aller drei Elasticitätsaxen statt, wenngleich diese Dispersionen auch hier im Allgemeinen klein sind und praktisch in den meisten Fällen vernachlässigt werden können. Bei dem Mangel jeder Symmetrie giebt es keine gesetzmässige Beziehung mehr zwischen der Lage der Elasticitätsaxen und jener willkürlichen Coordinaten, die man hier Krystallaxen nennt. Im Allgemeinen fällt keine Elasticitätsaxe mehr mit einer Krystallaxe zusammen; wo dieses annähernd oder genau der Fall ist (Oligoklas), wird das optische Verhalten ähnlich dem eines monoklinen Krystalls, was die Lage der Auslöschungsrichtungen auf bestimmten Flächen anbetrifft. — Im parallel polarisirten Lichte sind alle Schnitte, die nicht senkrecht zu einer optischen Axe liegen, doppelbrechend und zeigen zwischen gekreuzten Nicols den viermaligen Wechsel von farbig hell und dunkel. Das Helligkeitsminimum der Auslöschung liegt im Allgemeinen schief gegen die Umrisslinien, gegen die Blätterdurchgänge und gegen die Diagonalen dieser. — Schnitte senkrecht zu einer optischen Axe bleiben in allen Stellungen zwischen gekreuzten Nicols gleichmässig hell im

parallelen Lichte und zeigen ein Axenbild im convergenten, dessen Aussehen analog demjenigen bei einem rhombischen oder monoklinen Mineral ist. — Schnitte senkrecht zu einer Bissectrix geben im convergenten weissen Lichte eine Interferenzfigur, welche sich von der analogen eines rhombischen und eines monoklinen Krystalls dadurch unterscheidet, dass die Farbenvertheilung eine unsymmetrische ist, sowohl mit Beziehung auf die Trace der Axenebene, wie zu einer hiezu senkrechten, sowie auch unsymmetrisch zum Mittelpunkt des Axenbildes. Es erscheinen also neben einander mehrere der Dispersionen, welche bei den monoklinen Krystallen als geneigte, horizontale und gekreuzte unterschieden wurden. — Den optischen Charakter bezeichnet man auch hier als positiv oder negativ, je nachdem die Axe kleinster oder grösster Elasticität den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt.

Bei triklinen Mineralien, welche Pleochroismus zeigen, sind alle Durchschnitte pleochroitisch, die nicht senkrecht zu einer optischen Axe geführt wurden. Die Maxima der Farbenverschiedenheiten liegen um 90° auseinander und fallen gemeiniglich, wenn auch nicht nothwendig, mit den Auslöschungsrichtungen zusammen.

Mikroklin.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 561.

A. Des Cloizeaux, Mémoire sur l'existence, les propriétés optiques et cristallographiques et la composition chimique du microcline, nouvelle espèce de feldspath triclinique à base de potasse, suivi de remarques sur l'examen microscopique de l'orthose et de divers feldspaths tricliniques. Ann. de Chim. et de Phys. (5.) IX. 1876. — Vgl. auch C. R. 1876. LXXXII. 885—891.

P. Sabersky, Mineral.-petrogr. Untersuchung argentinischer Pegmatite mit besonderer Berücksichtigung der Structur der in ihnen auftretenden Mikrokline. L. J. 1891. B.-B. VII. 359.

A. Sauer, Der Granitit von Durbach im nördlichen Schwarzwald und seine Randfacies von Glimmersyenit. Mittheil. d. Gr. Bad. geol. Landesanstalt. II. 238.

A. Sauer und N. V. Ussing, Ueber einfache Mikrokline aus dem Pegmatit von Gasern unterhalb Meissen. Z. X. 1891. XVIII. 192.

Der Mikroklin steht krystallographisch dem Orthoklas überaus nahe in Habitus und Winkeln, so dass diese beiden Mineralien krystallographisch oft nicht zu unterscheiden sind. Der beim Orthoklas rechte Winkel P : M beträgt bei Mikroklin 90° 16′—90° 30′. Als Gesteinsgemengtheil bildet der Mikroklin nur angenähert idiomorphe oder auch allotriomorphe Individuen, die allerdings, wo sie an Hohlräume im

Gestein stossen, wie bei manchen Graniten, in diese mit krystallographischer Begrenzung hineinragen. Ihre Form ist dann meistens der in Fig. 211 dargestellten Orthoklasform bis auf die kleinen Winkeldifferenzen entsprechend. Die scheinbar einfachen Mikroklinindividuen sind im Ganzen selten auch wirklich durchweg einfache Individuen. Sie bauen sich vielmehr in den meisten Fällen aus zahllosen Einzelindividuen von durchaus mikroskopischen Dimensionen auf. Dieser polysynthetische Bau ist jedoch nur bei aufgewachsenen Mikroklinen einzelner Fundorte durch eine feine, rechtwinklig gitterförmige Zeichnung auf den Flächen P (001) und x ($\bar{1}01$) wahrnehmbar. Die eine Gruppe der Gitterlinien läuft dann parallel der Kante P : M, wie bei dem Albitgesetz der Plagioklase, bezw. parallel x : M, die andere Gruppe von Linien steht senkrecht auf dieser Kante, wie dies bei einer polysynthetischen Wiederholung des Periklingesetzes der Fall sein würde. — Ausser dieser mikroskopischen Zwillingsbildung ist die Verwachsung zweier mikroskopischer Individuen, die einfach oder polysynthetisch sein können, nach dem Karlsbader oder nach dem Bavenoer Gesetz nicht selten.

Der Mikroklin spaltet nach P und M, genau wie der Orthoklas; ausserdem ist eine Spaltbarkeit nach dem linken Prisma $T = \infty' P (1\bar{1}0)$ oft sehr deutlich, oft nur andeutungsweise wahrnehmbar. Auch die bei dem Orthoklas beschriebene Spaltbarkeit nach einem steilen Makrodoma (Murchisonitspaltung) kommt gelegentlich vor. Die Lage und Neigung der Spaltrisse in den verschiedenen Zonen ist genau wie bei Orthoklas, da die geringe Abweichung im Winkel der Spaltflächen nicht nachweisbar ist. Auch beim Mikroklin treten die Spaltrisse deutlich erst in sehr dünnen Präparaten hervor.

Das specifische Gewicht = 2.56, die chemische Zusammensetzung und die chemischen Reactionen sind die gleichen wie beim Orthoklas. — Demnach liegt die Unterscheidung von Mikroklin und Orthoklas wesentlich in der optischen Untersuchung und durch diese bestimmte bekanntlich Des Cloizeaux den bis dahin mit Orthoklas zusammengeworfenen Mikroklin als selbständige Feldspathart.

Der Mikroklin wird farblos durchsichtig. Nach Des Cloizeaux bildet eine angenähert zur stumpfen Bissectrix geschliffene Platte aus Mikroklin (Amazonit) von Mursinsk mit P (001) etwa 98°—99°, mit dem Prisma T ($1\bar{1}0$) 78° 36′, mit M (010) 162° 19′. Eine zur spitzen Bissectrix senkrechte Platte steht natürlich senkrecht auf der ersten und schneidet die Basis etwa unter 96°. Daraus folgt

nach Ussing's Berechnung für die Neigung der drei optischen Hauptschnitte zu den Spaltflächen P (001) und M (010)

$a\,b : (001) = 98^\circ 30'$ $\quad b\,c : (001) = 96^\circ$ $\quad a\,c : (001) = 169^\circ 34'$
$a\,b : (010) = 162^\circ 19'$ $\quad b\,c : (010) = 73^\circ 38'$ $\quad a\,c : (010) = 83^\circ 30'$

Am einfachen, nicht verzwillingten Mikroklin von Gasern bei Meissen bestimmte Ussing

$a\,b : (001) = 100^\circ 12'$ $\quad b\,c : (001) = 96^\circ 29'$ $\quad a\,c : (001) = 167^\circ 52'$
$a\,b : (010) = 162^\circ 12'$ $\quad b\,c : (010) = 73^\circ 59'$ $\quad a\,c : (010) = 82^\circ 26'$

Für die Hauptbrechungsexponenten fand Ussing an demselben Vorkommen $\alpha_{na} = 1.5224$, $\beta_{na} = 1.5264$, $\gamma_{na} = 1.5295$, woraus $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3} = 1.5261$, $\gamma-\alpha = 0.0071$, $\gamma-\beta = 0.0031$, $\beta-\alpha = 0.0040$.

Brechungsvermögen und Doppelbrechung sind also ziemlich dieselben, wie bei Orthoklas.

Der Axenwinkel in Oel beträgt 88°—90°. Am Mikroklin von Gasern ist $2V_{na} = 83^\circ 40'$ nach Ussing. Die Dispersion um die spitze Bissectrix ist $\varrho > v$. Nach Des Cloizeaux ist die Bissectricendispersion am Amazonit von Mursinsk horizontal um die spitze negative Bissectrix, gekreuzt um die stumpfe positive, welche von der Normalen auf M etwa 15° 30′ abweicht.

Aus der Lage der optischen Hauptschnitte und den Brechungsexponenten des Mikroklins ergiebt sich für Spaltblättchen oder Schliffe nach P und M Folgendes.

Ein einfaches Spaltblättchen nach P, welches randlich begrenzt wäre von M und K (100), etwa die linke Hälfte von Fig. 219, und welches sich in conventioneller krystallographischer Stellung befinde, also oben links die spitze Kante P : M habe, wird zwischen gekreuzten Nicols nicht, wie der Orthoklas, dunkel sein, wenn die Kante P : M und ihre Normale mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen, sondern wenn die Richtungen a und c, die den Bissectricen des optischen Axenwinkels entsprechenden Auslöschungsrichtungen, ihnen parallel laufen. Man muss also, um ein einfaches Mikroklinspaltungsstückchen zwischen gekreuzten Nicols dunkel zu sehen, die Trace der zweiten Spaltbarkeit nach M um 15° 30′ schief gegen einen Nicolhauptschnitt richten. Es heisse dieser Werth die Auslöschungsschiefe auf P; sie ist positiv (cf. Plagioklase), d. h. so gerichtet, dass die Elasticitätsaxe a von vorn links nach hinten rechts bei richtiger Stellung des Krystalls über die obere Basisfläche geht. — Denkt man sich ein zweites Blättchen nach P in

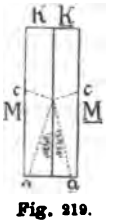


Fig. 219.

Zwillingsstellung zum ersten nach dem Albitgesetz, Zwillingsaxe die Normale auf M, so hätte dieses die Lage der rechten Hälfte in Fig. 219, und um dasselbe zwischen gekreuzten Nicols dunkel zu sehen, müsste man wieder um 15° 30′, aber nun im umgekehrten Sinne, die Trace von M oder, was dasselbe wäre, die Trace der Zwillings- und Verwachsungsebene schief gegen einen Nicolhauptschnitt stellen. Die Summe der Auslöschungsschiefen in den beiden Zwillingslamellen wäre demnach 31°. — Diese Auslöschungsschiefe von 15° 30′ auf P ist das charakteristische, sicherste und einfachste Unterscheidungsmittel des Mikroklin von Orthoklas. Da die meisten Mikroklinkrystalle aus sehr vielen und sehr schmalen Lamellen nach dem Albitgesetz bestehen, so wird ein Spaltblatt oder Schliff nach oP eine grosse Menge von hellen verschiedenfarbigen Streifen zwischen gekreuzten Nicols zeigen, wobei immer die je alternirenden Streifen (bei gleicher Dicke) gleiche Farbe haben. Jedes System dieser Streifen wird dunkel, sobald die Längsrichtung desselben (Projection von M) um 15° 30′ gegen einen Nicolhauptschnitt geneigt ist. — Nun aber ist weitaus den meisten Mikroklinen zugleich eine zweite Zwillingslamellirung senkrecht zur ersten eigen, welche man gewöhnlich dem Periklingesetz, Zwillingsaxe ist b, zuschreibt. Die einzelnen, nach diesem Gesetz geordneten Lamellen grenzen sich auf einem Durchschnitt nach oP durch Linien von einander ab, welche parallel der Kante P : K (001 : 100) laufen (Fig. 220). Da aber der Winkel M : K (010 : 100) fast absolut genau ein rechter ist beim Mikroklin, so stehen die Trennungslinien nach dem Periklin verzwillingter Lamellen senkrecht zur Kante P : M,

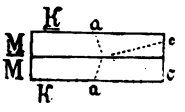


Fig. 220.

also auch senkrecht zu den Grenzen der nach dem Albitgesetz geordneten Lamellen. Beide Systeme von Lamellen schneiden sich also rechtwinklig. Die Zwillingsaxe des Albitgesetzes: Normale auf M, und diejenige des Periklingesetzes, b, divergiren nicht um eine messbare Grösse. Folge davon ist, dass die Auslöschungsrichtungen in je einem System der nach dem Albit- und der nach dem Periklingesetz verzwillingten Lamellen zusammenfallen. Zwischen gekreuzten Nicols werden also Spaltblättchen oder Schliffe nach P ein rechtwinkliges farbiges Gitter zeigen (Taf. XXIII Fig. 3), von welchem immer zwei zu einander senkrechte Gitterlinien gleichzeitig bei einer Schiefe von 15°—16° dunkel werden. An dieser höchst zierlichen Erscheinung unterscheidet man den Mikroklin auf den ersten Blick von jedem andern Feldspath. Dieselbe wurde, ohne daraus

den Mikroklin abzuleiten, schon wahrgenommen von Kreischer und Stelzner*.

Man würde die Erscheinung auch ohne Anwendung des Periklingesetzes erklären, wenn man für beide Lamellensysteme das Albitgesetz und dabei für das erste M, für das zweite ein Makrodoma m,P,∞ (h o l) als Verwachsungsebene annähme.

Die beiden Lamellensysteme erreichen sehr oft so mikroskopische Dimensionen, dass es selbst bei den stärksten Vergrösserungen nicht mehr gelingt, die Auslöschung der einzelnen Lamellen mit Sicherheit zu bestimmen. Das Auge erhält dann eben nur den allgemeinen Eindruck dieses rechtwinkligen Kreuzgitters. Selten erreichen die einzelnen Lamellen die Breite, wie in den gewöhnlichen Kalknatronfeldspathen; sehr selten auch fehlt das eine Lamellensystem (nach dem Periklingesetz), oder gar beide. So beobachtete schon Kloos (L. J. 1884. II. 125) und mit ihm übereinstimmend Brögger (l. c.), dass die Gitterstructur den Mikroklinen und Mikroklinperthiten in den Pegmatiten der südnorwegischen Augitsyenite fehle. Letzterer macht darauf aufmerksam, dass besonders die aufgewachsenen Mikrokline gern frei von allen Zwillingslamellirungen seien, eine Erfahrung, die sich auch sonst bestätigt, die aber in keiner Weise verallgemeinert werden kann. Immer bleibt auch in diesen Fällen die charakteristische Auslöschungsschiefe auf P (15—16°) das Mittel zur Unterscheidung von den andern Feldspathen.

Bringt man einen solchen Schnitt nach P zwischen gekreuzte Nicols, so bemerkt man in den weitaus meisten Fällen kleinere und grössere meist unregelmässig begrenzte Flecke, welche dunkel sind, wenn die Zwillingsgrenzen mit einem Nicolhauptschnitt parallel laufen. Diese Flecken haben also gerade Auslöschung, und man nimmt gewöhnlich an, sie seien Orthoklas. — Nun wird man aber oft beobachten können, dass bei vollständig deutlicher Gitterstructur wohl das eine System von Kreuzlamellen unter 15° 30′ Schiefe nach der einen Seite gegen die Trace von M auslösche, während bei einer Drehung um 15° 30′ nach der andern Seite von dieser Trace keine Stelle im Schliffe dunkel wird. Es hat gewissermaassen den Anschein, als ob das eine Kreuzlamellensystem aus Mikroklin mit dem andern aus Orthoklas in Zwillingsverwachsung wäre, was ja natürlich nicht möglich ist. — Ebenso wird man bei sehr feiner

* C. G. Kreischer, Ueber die Mikrostructur des Pegmatoliths von Arendal. L. J. 1869. 208; — A. Stelzner, Ueber eine eigenthümliche Krystallstructur des Labradors und Pegmatoliths. Berg- u. hüttenmännische Ztg. XXIX. No. 18. pg. 150.

Gitterstructur am Mikroklin oft in einem und demselben Präparat die Auslöschungsschiefe der Lamellen gegen die Trace an verschiedenen Stellen verschieden gross finden. Man kann alle Werthe zwischen 15° 30′ und 0° antreffen. Man wird hierdurch zu der Vermuthung gedrängt, diese Erscheinungen seien die Folge einer höchst innigen zwillingsartigen Durchdringung von zuletzt nicht mehr erkennbaren Mikroklineinzelindividuen. — Will man die parallel zur Spaltbarkeit nach M auslöschenden Theile eines Mikroklin-Basalschnittes Orthoklas nennen, so ist zu constatiren, dass alle denkbaren Verhältnisse der Durchwachsung von Orthoklas 0%—100% und Mikroklin 100%—0% vorkommen.

Verhältnissmässig recht selten haben die beiden rechtwinkligen Lamellensysteme in einem Basalschnitt aus Mikroklin gleiche Länge; die parallel der Brachyaxe gestreckten Lamellen (nach Albitgesetz)

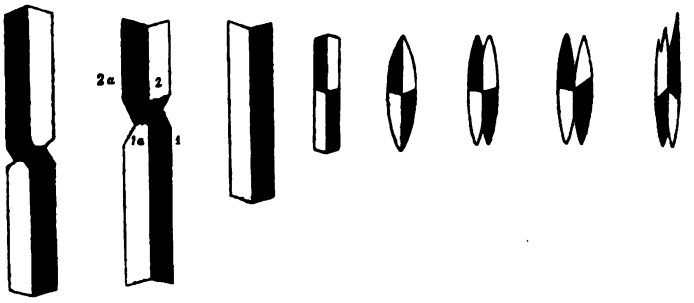


Fig. 221.

sind vielmehr im Allgemeinen weit deutlicher und länger als die nach der Makroaxe gerichteten. Die letzteren sind ganz kurz und erscheinen oft nur als eine Art Unterbrechung der ersteren; auch ist ihre Auslöschung oft unprächis und man kann nicht selten deutlich wahrnehmen, dass sie nur die knotenartige Verbindung zwischen einer oben links und unten rechts von ihnen liegenden Lamelle nach dem Albitgesetz und einer zweiten solchen sind, die von ihnen oben rechts und unten links liegt (Fig. 221). Auch zeigt sich recht oft eine unverkennbar spindelförmige Begrenzung eines solchen Lamellencomplexes, oder eine Gabelung derselben (Fig. 221). Durch diese Wahrnehmung veranlasst, deutete Sabersky für viele Vorkommnisse wohl durchaus zutreffend die Einzelindividuen der Mikrokline als spindelförmige Durchkreuzungszwillinge nach Art der bekannten, von G. Rose beschriebenen Albitzwillinge vom Roc tourné und Col du Bonhomme in Savoyen. Die Längsaxe der Spindeln läge

parallel der Kante y : M (201) : (010), wie er durch die Beobachtung der Formen und des optischen Verhaltens dieser Einzelkörperchen in den Schnitten von verschiedener Neigung gegen die Vertikalaxe aus den Zonen P : K und P : M darthat. Die Einzelheiten sind in der anfangs dieses Capitels citirten interessanten Studie nachzulesen.

In einem Spaltblättchen oder einem Schliff nach M würden nach dem oben Gesagten die den Elasticitätsaxen a und b entsprechenden Auslöschungsrichtungen die Lage haben, welche Fig. 222 zeigt; die Auslöschungsrichtungen liegen also hier genau wie bei Orthoklas, und Mikroklinblättchen nach dieser Fläche würden zwischen gekreuzten Nicols dunkel sein, wenn die Spaltrisse nach P einen Winkel von 5° mit einem Nicolhauptschnitt machten. Die Neigung der Elasticitätsaxe a gegen die Krystallaxe verläuft wie beim Orthoklas im Sinne eines positiven Hemidomas, sie ist positiv (cf. Plagioklase). Es ist also ein Mikroklinschnitt nach M im parallelpolarisirten Lichte in keiner Weise von einem Orthoklasschnitt nach derselben Fläche zu unterscheiden und Einlagerungen von Orthoklas in Mikroklin sind in Schnitten dieser Richtung so nicht zu erkennen.

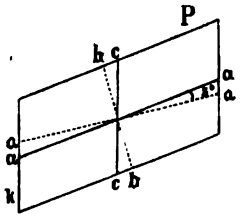


Fig. 222.

Im convergenten Licht geben Blättchen des Mikroklin nach M nicht einen senkrechten Bissectricenaustritt, wie bei Orthoklas, sondern einen ziemlich schiefen. Am Rande des Gesichtsfeldes werden die der einen Axe zugehörigen Ringe sichtbar; die Axe selbst liegt nicht mehr im Gesichtsfelde bei Beobachtung in Luft.

Weitere Beschreibungen der Mikroklinstructur und der Beziehungen zwischen Mikroklin, Orthoklas und Albit findet man bei Benecke und Cohen*, Beutell**, Klockmann*** und Kloos†.

Dass Orthoklas und Mikroklin nicht dimorph, sondern identisch seien, haben E. Mallard†† und A. Michel-Lévy††† überaus wahr-

* Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg. Heidelberg. 1879. p. 127.

** Beiträge zur Kenntniss der schlesischen Kalinatronfeldspathe. Z. X. 1883. VIII. 351.

*** Beitrag zur Kenntniss der granitischen Gesteine des Riesengebirges. Z. D. G. G. 1882. XXXIV. 373.

† Beobachtungen am Orthoklas und Mikroklin. L. J. 1884. II. 87.

†† Explication des phénomènes optiques anomaux. Paris. 1877. 103.

††† Bull. Soc. min. Fr. 1879. II. 135.

scheinlich gemacht, indem sie darthaten, dass das optische Verhalten des Orthoklas eine nothwendige Folge innigster Verzwillingung von Mikroklinlamellen nach dem Albit- und Periklingesetz sein würde. Diese Ansicht hat eine starke Stütze in den Thatsachen, dass bei diesen Körpern die Cohäsionsverhältnisse und das specifische Gewicht übereinstimmen, während diese Eigenschaften sonst bei heteromorphen Körpern verschieden zu sein pflegen.

Der Mikroklin ist ebenso wie der Orthoklas gern mit Albitschnüren durchwachsen. Auf Schnitten nach der Basis zeigt sich der Albit dann in Form von schmaleren und breiteren Bändern und Flecken von unregelmässiger Begrenzung, die aber doch einen unverkennbaren angenäherten Parallelismus mit der Kante P : K oder P : l und P : T zeigen (Taf. XXIII Fig. 3). Dieselben haben die Fläche M und die Prismenaxe mit dem Mikroklin gemein. — Auf Durchschnitten nach M bildet der Albit Bänder und Streifen, welche angenähert parallel der Vertikalaxe liegen (Taf. XXIII Fig. 4) und also mit der basischen Spaltbarkeit den Winkel $\beta = 64^0$ einschliessen. Seltener treffen sie die Basis unter etwa 73^0—74^0 und folgen also der Murchisonitspaltung. Diese Albitzüge können ebenso wie bei Orthoklas eine ausserordentliche Feinheit erreichen, ja sich der directen Beobachtung, wie dort, mehr oder weniger vollständig entziehen. Wo sie reichlicher auftreten, wird man von Mikroklinperthit sprechen, nach Analogie des Orthoklasperthit, wird also auch wohl Mikroklinmikroperthit sagen müssen, wie Brögger. Die Albitschnüre heben sich schon im gewöhnlichen Lichte durch ihr abweichendes Brechungsvermögen und im polarisirten Lichte durch ihre stärkere Doppelbrechung, also höhere Interferenzfarben ab. — Selten bildet der Albit dünne Linsen, welche angenähert parallel der Basis im Mikroklin liegen.

Diese Verwachsung ist keineswegs immer eine ursprüngliche; vielmehr lässt sich in vielen Fällen sicher erkennen, dass sie ein späteres Phänomen ist, welches wahrscheinlich durch den Zerfall eines ursprünglichen Kalinatronfeldspath in Kalifeldspath und Natronfeldspath bedingt wurde. Dieser Zerfall dürfte in vielen Fällen mit orogenetischen Vorgängen verknüpft gewesen sein, wie schon J. Lehmann in seinem Werke über die altkrystallinen Schiefergesteine p. 217 für die gleiche Verwachsung von Orthoklas und Albit aussprach; in andern Fällen wird man den Vorgang als einen solchen normaler chemischer Action ansehen können, wie Lacroix (Bull. Soc. min. Fr. 1886. IX. 131) wohl in zu grosser Ausdehnung

annimmt und wie Brögger es für gewisse schillernde Feldspathe der Gegend von Frederiksvärn nachwies.

Neben den Lamellenzügen des Albit in den nach M (010) gerichteten Schliffen des Mikroklin kommen bisweilen andere vor, die im gleichen Sinne wie Mikroklin und Albit, aber mit anderer Auslöschungsschiefe, zwischen gekreuzten Nicols dunkel werden. Der Mikroklin wird dunkel, wenn die Spaltrisse nach P mit einem Nicolhauptschnitt 5°—6° bilden, der Albit wird dunkel, wenn dieser Winkel 18°—20° ist; die in Frage stehenden Lamellen löschen bei einer Schiefe von 10°—12° aus. Sie gehören einem Natronorthoklas oder Anorthoklas (Kryptoperthit Brögger's) an.

Die Umwandlungsvorgänge sind beim Mikroklin genau dieselben, wie bei dem Orthoklas. — Die künstliche Darstellung ist noch nicht gelungen. — Eine sehr merkwürdige Umwandlung des Quarz in Mikroklin beschreibt Törnebohm* aus einem eigenthümlichen Sandstein der Umgebung des Sees Dagstorp, Section Trolleholm, in Schweden. Derselbe besteht vorwiegend aus eckigen Fragmenten von Quarz, Feldspath und Grünstein, neben denen Hornblende, Augit, Epidot, Zirkon, Apatit, Glimmer, Turmalin, Granat, Fluorit, Magnetit und Rutil vorkommen. Jedes Quarzkorn ist von einer zackig mit demselben verwobenen Zone umgeben, welche Aggregatpolarisation zeigt. Törnebohm sieht sich zu der Annahme genöthigt, dass diese Zone aus Feldspath und zwar wahrscheinlich aus Mikroklin bestehe, der eine Art Verdrängungspseudomorphose nach Quarz bildet.

Der Mikroklin tritt mit Orthoklas zusammen, denselben oft nahezu vollständig ersetzend, in Graniten, seltener in Syeniten und Eläolithsyeniten, sehr verbreitet in Gneissen auf. Der Feldspath der sogenannten Schriftgranite ist fast stets Mikroklin. — Seltener erscheint Mikroklin in den Quarzporphyren und Porphyren und zwar um so seltener, je mehr die Grundmasse dieser Gesteine mikrofelsitisch oder glasig wird. In jüngeren Eruptivgesteinen zeigt der Sanidin nur sehr selten eine Structur, welche ihm den Anschein des Mikroklin giebt. Vergl. Sanidin.

Die Thatsache, dass der Mikroklin ganz vorwiegend auf alte Eruptivgesteine beschränkt ist, welche Faltungs- und Druckprocesse durchgemacht haben, verbunden mit der Beobachtung, dass im normalen Orthoklas die Mikrostructur des Mikroklin oft zur Er-

* Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1883. VI. No. 75. 200.

scheinung kommt, wo dieser nachweislich starkem Druck ausgesetzt war, könnte die Vermuthung nahe legen, dass die Mikroklinstructur ein Druckphänomen sei*. Die Richtigkeit einer solchen Anschauung lässt sich in vielen Fällen mit guten Gründen beweisen. Aber es wäre entschieden unrichtig, sie zu verallgemeinern. Das beweisen die aufgewachsenen Mikrokline mit Evidenz. Immerhin bleibt das Fehlen des Mikroklins in unveränderten Ergussgesteinen auffallend.

Gruppe der Plagioklase.

Literatur.

A. Des Cloizeaux, Mémoire sur les qualités optiques biréfringentes caractéristiques des quatre principaux feldspaths tricliniques et sur un procédé pour les distinguer immédiatement les uns des autres. Ann. de Chim. et de Phys. 1875. (5.) IV. und C. R. 1875. LXXX. 364—371.

— Examen microscopique de l'orthose et de divers feldspaths tricliniques. C. R. 1876. LXXXII. 1017—1022.

— Nouvelles recherches sur l'écartement des axes optiques, l'orientation de leur plan et de leurs bissectrices et leurs divers genres de dispersion, dans l'albite et l'oligoclase. Bull. Soc. min. Fr. 1883. VI. 89—121.

— Oligoclases et andésines. Ibidem. 1884. VII. 249—336.

E. Mallard, Sur l'isomorphisme des feldspaths tricliniques. Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 103.

G. vom Rath, Die Zwillingsverwachsung der triklinen Feldspathe nach dem sog. Periklingesetz und über eine darauf gegründete Unterscheidung derselben. B. M. 1876. Febr. und L. J. 1876. 689—714.

M. Schuster, Ueber die optische Orientirung der Plagioklase. T. M. P. M. 1880. III. 117—284.

— Bemerkungen zu E. Mallard's Abhandlung „Sur l'isomorphisme des feldspaths tricliniques". Nachtrag zur optischen Orientirung der Plagioklase. Ibidem. 1882. V. 189—194.

— Ueber den Albit von Kasbék. T. M. P. M. 1886. VII. 373—400.

G. Tschermak, Die Feldspathgruppe. S. W. A. 1864. December. L.

Als Plagioklase werden hier die Kalk-Natronfeldspathe, also der Albit, der Anorthit und ihre isomorphen Mischungen aus den Albit-, Oligoklas-, Andesin-, Labradorit-, Bytownit- und Anorthitreihen zusammengefasst. Die chemische Zusammensetzung des rein gedachten Albit ist $NaAlSi_3O_8 = Ab$, diejenige des Anorthit $CaAl_2Si_2O_8 = An$. Alle andern Kalk-Natronfeldspathe sind alsdann isomorphe Mischungen von Albit und Anorthit $= Ab_n An_m$. Unter den zahlreichen möglichen treten gewisse Mischungsverhältnisse häufiger auf und sind mit besonderem Namen belegt worden. Erweitert man diese durch Anschluss nahestehender Mischungs-

* cf. J. Lehmann, Schlesische Gesellschaft f. vaterländ. Cultur. 11. Febr. 1885.

verhältnisse, so kann man mit TSCHERMAK die Kalk-Natronfeldspathe oder Plagioklase in folgende Reihen bringen.

Albitreihe	umfasst	die	Mischungsverhältnisse	$Ab_1 An_0$ — $Ab_6 An_1$
Oligoklasreihe	„	„	„	$Ab_6 An_1$ — $Ab_3 An_1$
Andesinreihe	„	„	„	$Ab_3 An_2$ — $Ab_4 An_3$
Labradorreihe	„	„	„	$Ab_1 An_1$ — $Ab_1 An_2$
Bytownitreihe	„	„	„	$Ab_1 An_2$ — $Ab_1 An_6$
Anorthitreihe	„	„	„	$Ab_1 An_6$ — $Ab_0 An_1$

In der Petrographie, wo eine so scharfe Bestimmung des Mischungsverhältnisses in manchen Fällen nicht thunlich ist, vereinigt man oft nothgedrungen die Andesinreihe mit der Oligoklasreihe und die Bytownitreihe mit der Labradorreihe und spricht, indem man, wie allgemein üblich, den Namen des Feldspath für die ganze Reihe gebraucht, von Albit, Oligoklas, Labrador und Anorthit als den Plagioklasen. Man subsumirt unter diese Bezeich-

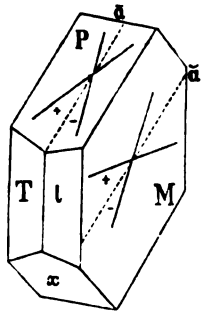


Fig. 223.

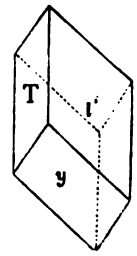


Fig. 224.

nung Plagioklase in der Petrographie zunächst auch noch eine Anzahl bisher wenig genau erforschter Feldspathe, welche durch ihren geringen Gehalt an Ca und ihren hohen Gehalt an K wohl eine eigene Mischungsreihe darstellen, wenn sie sich nicht noch als sehr innige mechanische Gemenge erkennen lassen. — Die folgenden Angaben beziehen sich ausschliesslich auf eigentliche Plagioklase oder Kalk-Natronfeldspathe.

Die Krystallformen der Plagioklase zeigen nach Habitus und Winkeldimensionen grosse Aehnlichkeit unter einander, sowie mit denjenigen des Orthoklas und Mikroklin. Der wesentlichste Unterschied liegt darin, dass der Winkel P : M nicht 90° beträgt, sondern zwischen 93° 36′ bei Albit und 94° 10′ bei Anorthit liegt; ebenso sind gewisse Winkelunterschiede in der Neigung der übrigen Flächen vorhanden. Die gesteinsbildenden Plagioklase zeigen nicht

immer äussere Krystallbegrenzung, sondern sind sehr oft derbe. Wohl ausgebildete Krystalle finden sich nur in solchen Gesteinen, die eine deutlich ausgeprägte porphyrische Structur besitzen. Dieselben werden alsdann vorwiegend von den Flächen P = oP (001), M = ∞P∞ (010), T = ∞,'P (1$\bar{1}$0), l = ∞P,' (110), x = ,P,∞ ($\bar{1}$01), y = 2,P,∞ (201), begrenzt, denen sich ebenso, wie beim Orthoklas, untergeordnet die Flächen n = 2'P,∞ (021), o = P, (11$\bar{1}$), v = ,P (1$\bar{1}$1) und andere zugesellen. Der Habitus der einfachen Krystalle ist bald dick- oder dünntafelförmig nach M (Fig. 223), bald mehr oder weniger schlank säulenförmig nach a, wie Fig. 212 bei Orthoklas; in gewissen Gesteinen auch eigenthümlich rhomboëdrisch (Fig. 224) dadurch, dass die Flächen P und M fehlen, oder letztere doch nur schmal ausgebildet ist. Die für die Bestimmung der Durchschnitte, deren Formen sich aus den Figuren von selbst ergeben, wichtigsten Winkel sind beim Albit und wenig abweichend bei den übrigen

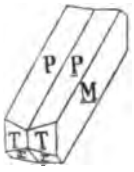


Fig. 225.

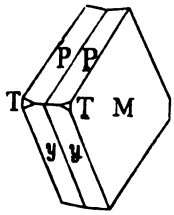


Fig. 226.

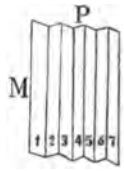


Fig. 227.

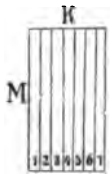


Fig. 228.

Plagioklasen: P : M = 93° 36', P : T = 110° 50', P : l = 114° 42', P : x = 127° 43', P : y = 97° 54', T : l = 120° 47', T : M = 119° 40', l : M = 119° 33'.

Einfache Krystalle sind verhältnissmässig sehr selten, und genau so, wie die polysynthetische Zwillingsbildung das wichtigste äussere Kennzeichen der Plagioklase bei makroskopischer Betrachtung ist, spielt sie auch bei der mikroskopischen Bestimmung die bedeutendste Rolle. Das bei weitem verbreitetste Gesetz des polysynthetischen Plagioklasbaus ist das Albitgesetz: Zwillingsaxe ist die Normale zu M. Einen einfachen Zwilling dieser Art bei säulenförmigem Habitus stellt Fig. 225, einen solchen bei tafelförmigem Habitus mit sehr kleinen Prismenflächen Fig. 226 dar. Bei diesem Zwillingsgesetz bilden die P-Flächen der beiden Individuen einen einspringenden Winkel von 172° 48', ihre x-Flächen einen solchen von 172° 42' und in der Prismenzone stossen gleiche Prismenflächen zusammen. Es ist den gesteinsbildenden Plagioklasen eigen, dass

sich diese Zwillingsbildung vielfach wiederholt, so dass ein Krystall aus einer sehr grossen Anzahl dünner Tafeln nach M besteht. Die einspringenden Winkel der P-Flächen bilden dann die bekannte Zwillingsriefung parallel der Kante P : M auf der Basis solcher Krystalle. Denkt man sich einen Durchschnitt durch solchen Vielling parallel einer Querfläche K, so würde derselbe die Form Fig. 227 haben; bei einem Schnitt, welcher parallel oder schief zur Basis läge, würde man allerdings die einspringenden Winkel abgeschnitten haben, doch sieht man die Zwillingsebene auf solchen Schnitten oft recht deutlich im durchfallenden Lichte, zumal wenn der Schnitt schief gegen P geführt wurde und die Grenzen der Lamellen also schief beleuchtet werden (Fig. 228). Die Zwillingsbildung muss sichtbar sein auf allen Schnitten, die nicht parallel M gehen.

Bei weitem seltener ist die Zwillingsbildung nach dem Periklingesetz: Zwillingsaxe ist b. Durch diese muss, sobald sie in poly-

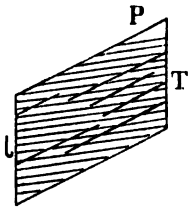


Fig. 229.

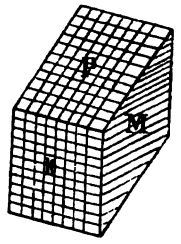


Fig. 230.

synthetischer Wiederholung auftritt und die windschiefe Stellung der M-Flächen durch Bildung einer Zwillingskante nach dem rhombischen Schnitt ausgeheilt wird, auf der Fläche M eine Riefung entstehen. Diese ist bei Albit nach G. vom Rath's Untersuchungen um 13°—22° weniger nach vorn geneigt, als die Kante P : M. welcher die Spaltung parallel geht (Fig. 229). Bei dem Oligoklas beträgt der Winkel dieser Riefung gegen die Kante zur Basis nur 4° in demselben Sinn, beim Andesin 0°, beim Labradorit 2°—9° in umgekehrtem Sinne, d. h. die Riefung fällt steiler nach vorn unten ein, als die Kante P : M; ebenso beim Anorthit 18°. — Die polysynthetische Zusammensetzung nach dem Periklingesetz tritt nicht selten in Verbindung mit derjenigen nach dem Albitgesetz auf; es ist dann also Zwillingsriefung auf P und M vorhanden. Fig. 230 stellt einen von P, M und K (100) begrenzten Krystall mit Albit- und Periklinlamellen dar. Auf der Basis schneiden sich die beiden

Lamellenzüge unter einem fast rechten Winkel, dem Axenwinkel γ, der bei den verschiedenen Plagioklasen verschiedenen Werth hat, aber nirgends um mehr als 1° vom Rechten abweicht. Fig. 230 lehrt, dass alle Schnitte durch einen solchen polysynthetischen Krystall sich kreuzende Lamellenzüge zeigen müssen, deren Neigung zu einander abhängig ist von der Schnittlage. Nur auf Schnitten parallel der Fläche M ist die Lamellirung eine einfache.

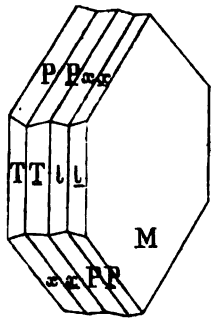


Fig. 231.

Solche polysynthetische Individuen nach dem Albit- oder Periklin- oder nach beiden Gesetzen verwachsen nun oft ihrerseits nach Gesetzen, welche dem Karlsbader, Bavenoer und Manebacher Gesetz des Orthoklas entsprechen*. Fig. 231 stellt einen Karlsbader Zwilling aus zwei Zwillingen nach dem Albitgesetz dar, ein überaus verbreiteter Fall. Man sieht, dass hier die Lamellen auf einem basischen Schnitt nicht alle den P-Flächen, sondern theils den P-, theils den x-Flächen angehören müssen, was für das optische Verhalten von Wichtigkeit ist.

Die ungeheure Mannichfaltigkeit, welche durch die Combinationen dieser Gesetze in den Zwillingsbau der Plagioklase gebracht wird, wächst noch dadurch, dass die Lamellen keineswegs mit schematischer Regelmässigkeit gebildet zu sein pflegen. Sie keilen sich oft mitten im Krystall aus, ändern ihre Breite, gabeln und zertrümern sich, drängen sich in einzelnen Theilen des Krystalls, während sie in andern fehlen, verlaufen nicht immer parallel den Zwillingsflächen, sondern lassen durch ihre Begrenzung erkennen, dass die Berührungsflächen ganz unregelmässig sein können. Die Breite derselben steht in keinem Verhältniss zur Grösse des Sammelindividuum, sondern wechselt ganz regellos. Doch scheint es, dass recht breite Lamellen bei den eingewachsenen und gesteinsbildenden Plagioklasen vorwiegend bei den basischeren Reihen auftreten.

Die Dimensionen der Plagioklaskrystalle schwanken in den weitesten Grenzen. Immerhin dürften sie im Allgemeinen die obere Grenze der Orthoklase nur selten erreichen. Nach unten sinken sie bis zu durchaus mikrolithischen Dimensionen und bilden dann vorwiegend sehr dünne Prismen nach der Kante P : M (Taf. XXIII Fig. 5), die sog. Plaglioklasleistchen oder Plagioklasmikrolithe. Zu-

* G. Tschermak, Die Form und die Verwandlung des Labradorits von Verespatak. T. M. M. 1874. 269.

mal bei den saureren Plagioklasen herrscht die Neigung zu prismatischer Entwicklung nach der Kante P : M. In andern Gesteinen nehmen die Plagioklasmikrolithe Tafelform nach M an; sie sind dann bisweilen von kaum messbarer Dicke und haben bald rhombische Umgrenzung durch P und x oder P und y (wie die Fläche M in Fig. 226), bald annähernd hexagonale, wie die M-Fläche in Fig. 223, oder unregelmässig sechsseitige durch P, x und y. Diese Tafelform, welche neben vielen andern Autoren letzthin von F. Kreutz* beschrieben wurde, scheint besonders den Mikrolithen der basischen Plagioklase zu eignen.

Eigentliche Krystallskelette finden sich in glasigen Gesteinen und wurden u. A. letzthin von Rinne (L. J. 1891. II. 280) beschrieben.

Anomalien in der Krystallbildung sind bei den Plagioklasen überaus verbreitet. — So findet man ruinenartig zackige Endigung der grösseren Individuen besonders oft; es hat fast den Anschein, als wenn sich bereits fertige kleinere Krystalle zu einem Sammelindividuum aneinandergelegt hätten. — Durch chemische Corrosion werden die ursprünglich scharfkantig ausgebildeten Krystalle mehr oder weniger zu Körnern abgerundet, deren ursprüngliche Form nur aus der zonaren Structur oder der Anordnung der Interpositionen noch reconstruirt werden kann. In andern Fällen entstehen mehr oder weniger tiefe Einbuchtungen, die bis zu förmlicher Aushöhlung sich entwickeln können und ihr anderes Extrem in einer schwachen Anätzung der Krystallflächen finden. — Zu diesen, wesentlich auf porphyrische Eruptivgesteine beschränkten chemischen Deformationen gesellen sich bei eruptiven und schichtigen dieselben Zerbrechungen, wie sie beim Orthoklas beschrieben wurden, die gleichen mehr oder weniger weit gehenden randlichen Zertrümmerungen und Quetschungen (Taf. III Fig. 6 u. Taf. IV Fig. 1), ferner eine Biegung der Zwillingslamellen (Taf. IV Fig. 3), oder eine Verwerfung derselben gegen einander durch zerbrochene und in ihren Theilen verschobene Individuen. L. van Werveke** hat es sehr wahrscheinlich gemacht, dass durch die Kräfte, welche diese mechanischen Deformationen bewirkten (Bewegung im Magma und Gebirgsdruck), eine Zwillingslamellirung in Plagioklasen entstehen kann. Solche mechanische Zwillingslamellen charakterisiren sich besonders dadurch, dass sie

* F. Kreutz, Ueber Vesuvlaven von 1881 und 1883. T. M. P. M. 1884. VI. 139.

** L. van Werveke, Eigenthümliche Zwillingsbildung an Feldspath und Diallag. L. J. 1883. II. 97.

in ihrer Ausdehnung und in ihrem Verlauf an Bruchlinien im Krystall gebunden scheinen.

Zonarstructur findet sich bei den Plagioklasen aller Gesteine, wenn man von den späteren Generationen in der Grundmasse der porphyrischen Felsarten absieht, ungemein häufig. Dieselbe ist in sehr vielen Fällen einfach eine Folge der zeitweilig wiederkehrenden Unterbrechung im Wachsthum. Es ist alsdann keinerlei physikalischer Unterschied im Verhalten des Kerns und der einzelnen Schalen wahrnehmbar. In andern Fällen jedoch tritt eine Zonarstructur erst zwischen gekreuzten Nicols dadurch hervor, dass die Auslöschung nicht gleichzeitig in dem Kern und den einzelnen Schalen eintritt, sondern dass Kern und einzelne Schalen oder Schalencomplexe in bisweilen um mehrere Grade abweichenden Azimuthen das Licht auslöschen. Soweit die Erscheinung bisher studirt ist, liegen die Auslöschungsrichtungen dann immer so, dass man auf basischeren Charakter des Kernes gegenüber den Schalen schliessen müsste. Man erklärt demnach das Phänomen ohne Zwang dadurch, dass man annimmt, es liege eine isomorphe Schichtung vor, wobei um einen ursprünglichen, basischen Kernkrystall sich stets saurer werdende Schichten anderer Plagioklase ablagerten*. — Eine andere Erklärung dieser Erscheinung, welche Taf. XXIII Fig. 6 zeigt, versuchte A. Michel-Lévy**. Er sieht in ihr die Folge einer submikroskopischen Zwillingslamellirung nach dem Albit- und Periklingesetz und leitet dieselbe aus den S 145 ff. mitgetheilten Verhältnissen ab.

Die gesteinsbildenden Kalk-Natronfeldspathe erscheinen, wie die monoklinen Kalifeldspathe, in zweierlei Habitus; in den körnigen und porphyrischen älteren, massigen und in den schiefrigen Gesteinen haben sie das derbe, trübe Aussehen, welches den Orthoklas charakterisirt; in den jüngeren Ergussgesteinen erscheinen sie glasig und farblos, wie der Sanidin. Die letztere Erscheinungsform nennt man den Mikrotin-Habitus.

Die Plagioklase spalten nach den Flächen P und M, und zwar nach P vollkommener, als nach M. Beide Blätterdurchgänge bekunden sich in hinreichend dünnen Schliffen durch Spaltrisse, welche von ihrer Neigung abgesehen genau denen der Orthoklase gleichen.

---

* C. Höpfner, Ueber das Gestein des Mte. Tajumbina in Peru. L. J. 1881. II. 164—192. — Bréon, C. R. 1886. CIII. 170.

** A. Michel-Lévy, Sur les positions d'intensité lumineuse égale dans les cristaux mâclés, entre les nicols croisés et application à l'étude des bandes concentriques des feldspaths. C. R. 1882. XCIV. 93 u. 178.

Auch hier pflegen die Risse in dickeren Schliffen nicht zu entstehen. Weitere Spaltbarkeiten nach den Flächen T, l und o sind nur sehr selten durch wohlerkennbare Risse angedeutet. Die Klüftung nach einer Querfläche, wie sie für Sanidin so charakteristisch ist, tritt bei den Plagioklasen nur selten auffallend hervor. Die determinative Bedeutung der Spaltung in den Plagioklasen ist nicht so gross, wie bei den Orthoklasen, da die Zwillingslamellirung bis zu einem gewissen Grade für die optische Orientirung an ihre Stelle tritt.

Alle Plagioklase werden farblos durchsichtig. Ihr Brechungsvermögen ist bei den alkalireichen Gliedern annähernd demjenigen des Canadabalsams gleich, grösser bei Anorthit, als bei Albit. Nach dem Gladstone'schen Gesetz würde sich der Durchschnittsbrechungsexponent für Albit zu 1.537 berechnen; ein Werth, den auch Des Cloizeaux, $\beta_\varrho = 1.537$, aus den Axenwinkeln ableitete. Für Anorthit findet man nach demselben Gesetze n = 1.573. A. Michel-Lévy und A. Lacroix* theilen folgende Zahlen für die Hauptbrechungsexponenten mit, zu denen wir die sehr sorgfältigen Messungen von Alb. Offret (Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 648) am Oligoklas von Bakersville fügen.

	γ	β	α	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
Albit, Naresti . . .	1.540	1.534	1.532	0.008	0.006	0.002
Oligoklas, Bamle . .	1.542	1.538	1.534	0.008	0.004	0.004
Oligoklas, Bakersville	1.5470(Na)	1.5431	1.5389	0.0081	0.0039	0.0042
Andesin, Roche Sauve bei Privas	1.556	1.553	1.549	0.007	0.003	0.004
Labradorit, Labrador	1.562	1.557	1.554	0.008	0.005	0.003
Anorthit, St. Clément	1.586	1.581	1.574	0.012	0.005	0.007

Die Zahlen von A. Michel-Lévy und Lacroix sind nach ihren Angaben für $\gamma-\alpha$ um 0.002 unsicher.

Die Doppelbrechung ist nicht gross, immerhin grösser als bei den Orthoklasen, und nimmt wie bei den Skapolithen mit dem Kalkgehalt zu. — Ueber die wahre innere Lage der optischen Constanten ist, wenn man vom Albit absieht, wenig bekannt. Dagegen ist durch die zahlreichen Untersuchungen von Des Cloizeaux und ganz besonders von M. Schuster das Verhalten der Spaltblättchen und Schnitte nach den beiden wichtigsten Flächen P und M im parallelen und convergenten polarisirten Lichte vollständig bestimmt und zu dem wichtigsten und im Ganzen sichersten und raschesten Unterscheidungsmittel dieser für die Petrographie so bedeutungsvollen Mineralien geworden. Es ist hier nicht der Ort hervorzuheben, von

* cf. auch C. R. 1890. LXI. 846.

welcher allgemeinen Bedeutung die Untersuchung der triklinen Kalknatronfeldspathe durch Schuster für das Verständniss der isomorphen Mischungen überhaupt und für die Lehre von den Feldspathen insbesondere ist. Es muss genügen, den wesentlichen Inhalt dieser Forschungen, soweit er für die mikroskopische Diagnose von Bedeutung ist, mitzutheilen.

Da bei den triklinen Mineralien eine gesetzmässige Beziehung nicht zwischen der Lage der optischen Axenebene und der Krystallform besteht, so wird im Allgemeinen auf einer Krystallfläche die Auslöschung zwischen gekreuzten Nicols im parallelpolarisirten Lichte nicht parallel einer Krystallkante oder der Trace einer Spaltfläche stattfinden, sondern mit dieser einen Winkel bilden. Denkt man sich nun einen einfachen Plagioklaskrystall (Fig. 223) in der conventionell richtigen krystallographischen Stellung, so dass die Endfläche auf den Beschauer zu und von links nach rechts

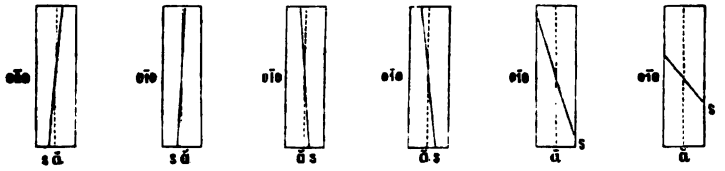


Fig. 222.

fällt, so wird die spitze Kante P : M oben links, die stumpfe oben rechts liegen. Auf einem Blättchen nach P kann nun die der Kante P : M nächste Auslöschungsrichtung von der Projection der Fläche M ($\breve{a}$) entweder so abweichen, dass ihre Trace auf P im Sinne der Kante P : l, oder im Sinne der Kante P : T verläuft. Die Abweichung im ersten Sinne heisse positiv, die im zweiten negativ. Ebenso kann die Auslöschungsrichtung auf der rechten Fläche M entweder so von der Projection von P ($\breve{a}$) abweichen, dass sie im Sinne der Kante M : x, oder umgekehrt verläuft; die erste Abweichung heisse auch hier positiv, die zweite negativ. Alle Angaben über die Lage der Auslöschungsrichtungen und anderer optischer Constanten, welche im Folgenden gegeben werden, beziehen sich stets auf die obere Fläche P und die rechte Fläche M in der Stellung der Fig. 223.

Bei dem reinen Albit beträgt die Auslöschungsschiefe auf P zwischen $+4^{\circ}$ und $+5^{\circ}$, auf M etwa $+19^{\circ}$, bei einem Oligoklas

von der Zusammensetzung $Ab_3 An_1$ auf P $+1^0\,4'$, auf M $+4^0\,36'$, bei einem Andesin $Ab_3 An_2$ auf P $-2^0\,12'$, auf M $-7^0\,58'$, bei Labrador $Ab_1 An_1$ auf P $-5^0\,10'$, auf M -16^0, bei Bytownit $Ab_1 An_3$ auf P $-17^0\,40'$, auf M $-29^0\,28'$, bei reinem Anorthit auf P -37^0. auf M -36^0. In Fig. 232 und 233 sind diese Verhältnisse dargestellt (*s* ist jeweils die Lage der Auslöschungsrichtung) und man sieht, dass mit zunehmendem Kalkgehalt die Auslöschungsschiefe auf beiden Flächen immer grössere negative Werthe annimmt. An der Grenze der Oligoklas- und Andesinreihe vollzieht sich auf beiden Flächen, P und M, der Uebergang aus positiver in negative Auslöschung. Es entspricht also jedem Mischungsverhältniss von Albit und Anorthit eine bestimmte Orientirung der Auslöschungsrichtungen auf den beiden Spaltflächen, und wenn die einer Anzahl genau bestimmter Mischungsverhältnisse zugehörigen Auslöschungsschiefen bekannt sind, so lässt sich eine empirische Formel ableiten, beziehungsweise eine Curve construiren, aus welcher die zu jedem

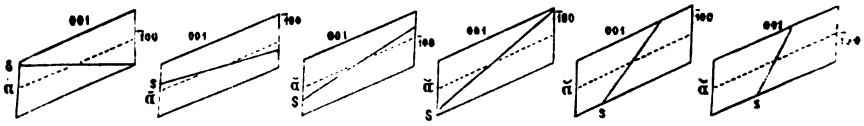


Fig. 233.

beliebigen Mischungsverhältniss gehörigen Auslöschungsschiefen berechnet, also auch umgekehrt das zu genau gemessenen Auslöschungsschiefen zugehörige Verhältniss $Ab_n An_m$ entnommen werden kann. Diese Curven wurden von M. Schuster für P und M construirt. E. Mallard wies darauf nach, dass unter der Annahme, das Wesen der isomorphen Mischungen liege gegenüber den chemischen Verbindungen in der nahezu vollständigen Erhaltung der physikalischen Eigenschaften der isomorph gemischten Substanzen, die physikalischen Eigenschaften einer isomorphen Mischung als Resultirende derjenigen der gemischten Körper aus diesen mathematisch ableitbar sein müssen. Für die Beziehung der Auslöschungsschiefen zu den Mischungsverhältnissen leitete er die Relation ab

$$\cot 2\alpha_1 = -\frac{m_1}{m_2} A - B$$

worin α_1 die Winkeldifferenz zwischen der Auslöschungsschiefe eines Mittelgliedes und des einen Endgliedes einer isomorphen Mischungs-

$\frac{m_1}{l_2}$ das Mischungsverhältniss der Endglieder und A und B

Constante sind. Setzt man $\cot 2a_1 = y$, $\frac{m_1}{m_2} = x$, so ist obige Relation die Gleichung der geraden Linie. Die überraschend nahe Uebereinstimmung zwischen den von SCHUSTER empirisch abgeleiteten und von MALLARD nach seiner rationellen Formel berechneten Werthen lässt keinen Zweifel an der Richtigkeit des SCHUSTER'schen Satzes, dass jedem Mischungsverhältniss von Albit und Anorthit eine durch die zur Mischung verbundenen Mengen dieser Substanzen bedingte Auslöschungsschiefe auf der End- und Längsfläche zukomme. SCHUSTER hat die Constanten A und B nach den besten Beobachtungen neu berechnet und mit Anwendung der MALLARD'schen Formeln die den wichtigsten Mischungsverhältnissen entsprechenden Auslöschungsschiefen tabellarisch zusammengestellt. Wir entnehmen demselben die folgende Uebersicht, nach welcher also für ein bekanntes Mischungsverhältniss die Auslöschungsschiefen und für bekannte Auslöschungsschiefen das Mischungsverhältniss gefunden werden kann.

Denkt man sich nun einen basalen Schnitt eines Plagioklas zwischen gekreuzten Nicols, so müssen die denselben nach dem Albitgesetz aufbauenden Lamellen im Allgemeinen verschiedenfarbig sein, da der Schnitt sie in verschiedener Richtung gegen ihr Elasticitätsellipsoid trifft. Da jedoch in Fig. 227 und 228 die Lamellen mit gerader und diejenigen mit ungerader Ordnungszahl je gleiche Lage haben, so werden auch alle geraden und alle ungeraden je die gleiche Interferenzfarbe zeigen. Man hat also das Bild einer farbigen Lamellirung, welches so überaus charakteristisch für die Plagioklase ist (Taf. XXIV Fig. 1). Dreht man das Präparat zwischen gekreuzten Nicols in seiner Ebene, so wird bei einer bestimmten Neigung der Lamellengrenze (Trace von M) nach links oder rechts gegen einen Nicolhauptschnitt, welche nach umstehender Tabelle mit der chemischen Zusammensetzung variirt, in dem einen Lamellenzuge Dunkel eintreten. Dreht man nun um den gleichen Winkel nach rechts, beziehungsweise links, so würde der zweite Lamellenzug dunkel werden, wenn auch dieser nach der Fläche P getroffen wäre. Das ist nun nicht möglich und daher wird die Auslöschungsschiefe im zweiten Lamellenzuge nicht genau gleich derjenigen im ersten sein. Immerhin ist die Differenz der Auslöschungsschiefen gering und in den gewöhnlichen Fällen wird die Auslöschungsschiefe auf P bequemer und mit hinreichender Genauigkeit bestimmt sein, wenn man nach links und rechts auf das Dunkelheitsmaximum der zwei Lamellenzüge einstellt und die am Objecttisch abgelesene Neigung dieser Stellungen halbirt. — Er-

Tabelle zur Bestimmung der Feldspathe.

Mischungsformel	Auslöschungsschiefe auf P = oP (001)	Auslöschungsschiefe auf M = ∞P∞ (010)	Neigung des rhombischen Schnitts gegen die Kante P : M	Auf M im convergenten Lichte	Mittleres specifisches Gewicht
Ab*	+ 4° 30′	+ 19°	+22° bis +20°	⊕ Positive Bissectrix wenig schief	2.62
$Ab_{12}An_1$	+ 3° 38′	+ 15° 35′			
Ab_8An_1	+ 3° 12′	+ 13° 49′			
Ab_6An_1	+ 2° 45′	+ 11° 59′	+ 9° bis + 7°		
Ab_5An_1	+ 2° 25′	+ 10° 34′			
Ab_4An_1	+ 1° 55′	+ 8° 17′		Positive Bissectrix tritt fast senkrecht	2.64
Ab_3An_1	+ 1° 04′	+ 4° 36′	+6° 42′ bis +3° 22′	mit kleiner Neigung nach oben aus. $\varrho < v$	
Ab_2An_1	− 0° 35′	− 2° 15′			
Ab_3An_2	− 2° 12′	− 7° 58′	+ 1°		2.65
Ab_4An_3	− 2° 58′	− 10° 26′	0°		
Ab_1An_1	− 5° 10′	− 16°	− 1° bis − 2°		
Ab_5An_6	− 6° 50′	− 19° 12′			2.69
Ab_3An_4	− 7° 35′	− 20° 52′		Positive Bissectrix tritt ziemlich schief aus. Ein Axenbalken sichtbar; die	
Ab_1An_2	− 12° 28′	− 26°		Axe selbst tritt nicht ins Gesichtsfeld.	
Ab_1An_3	− 17° 40′	− 29° 28′		$\varrho > v$	
Ab_1An_4	− 21° 05′	− 31° 10′	− 9° bis 14°		2.71
Ab_1An_5	− 23° 37′	− 32° 10′			
Ab_1An_6	− 27° 33′	− 33° 29′			
Ab_1An_8	− 28° 04′	− 33° 40′		Am Rande des Gesichtsfeldes tritt	
Ab_1An_{12}	− 30° 23′	− 34° 19′		eine Axe aus.	2.75
An	− 37°	− 36°	−15° bis − 18° 48′	$\varrho > v$	
Mikroklin	+ 15° 30′	+ 5°		Positive Bissectrix tritt schief nach vorn aus	2.57
Orthoklas	0°	+5° bis + 7°		Positive Bissectrix senkrecht. $\varrho < v$	
Natronorthoklas	0°	+9° bis + 12°		Positive Bissectrix senkrecht. $\varrho < v$	2.58—2.59
Anorthoklas	+ 1° 30′ bis + 5° 45′	+6° bis + 9° 48′	−4° bis − 8°	Positive Bissectrix wenig schief. $\varrho < v$	2.58—2.6

* An dem kalkfreien und fast kalifreien Albit des Kasbék fand M. Schuster auf oP eine Schiefe von + 4° 12′, auf ∞P∞ (010) 18° 44′, übereinstimmend mit der Theorie.

wiese sich die Auslöschungsschiefe für beide gleich nach links und rechts, so würde das beweisen, dass der Schnitt nicht parallel P, sondern senkrecht zur Zwillingsebene M läge. Untersucht man nun eine Anzahl solcher basalen Schnitte in einem Gestein, oder besser Spaltblättchen der Plagioklase eines solchen, so wird man fast stets Lamellen finden, welche weder mit dem einen noch mit dem andern Lamellenzuge dieselbe Interferenzfarbe und Auslöschung haben, trotzdem sie nach demselben Zwillingsgesetz eingeschaltet scheinen. Diese Lamellen gehören alsdann einem in Zwillingsstellung nach dem Karlsbader Gesetz befindlichen Lamellenzuge an, die natürlich, wie Fig. 231 zeigt, nicht nach P, sondern nach x getroffen wurden. Innerhalb dieser, dem Karlsbader Gesetze gehorchenden Lamellen werden sich wieder zwei Züge unterscheiden lassen, die als nach dem Albitgesetz geordnet, wieder annähernd symmetrisch zur Zwillingsebene hüben und drüben auslöschen. Taf. XXIV Fig. 1 zeigt diese Verhältnisse deutlich in der Helligkeit der verschiedenen Lamellen. — Gleichzeitig vorhandene Zwillingslamellen nach dem Periklingesetz würden sehr nahezu senkrecht die Albitlamellen durchkreuzen und zwei Züge darstellen, von denen je einer sehr annähernd mit einem Zuge der Albitlamellen gleichzeitig die Dunkelstellung erreicht, da die beiderlei Zwillingsaxen sehr nahezu zusammenfallen (vergl. Mikroklin). In allen andern Schnitten, die nicht parallel M lägen, würden diese verschiedenen Lamellenzüge stets verschiedenfarbig sein und in verschiedenen unsymmetrisch zur Zwillingsebene liegenden Azimuthen auslöschen. Nur bei Schnitten, die in einer zu M senkrechten Zone lägen, wären die Auslöschungen symmetrisch zur Zwillingsebene in den beiden Zügen. — Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Periklin- und Albitlamellirung würde in regellosen Schnitten der Winkel der Lamellensysteme mit der Schnittlage sich ändern, im Uebrigen die Verhältnisse dieselben bleiben (Taf. XXIV Fig. 2).

Das Vorhandensein des Bavenoer Gesetzes bei einem Plagioklas würde sich, wie bei den Orthoklasen durch das Auftreten einer Zwillingsgrenze documentiren, welche in Schnitten nach der Querfläche oder zu dieser geneigt diagonal gegen P und M verlaufen würde.

Schnitte eines Plagioklas nach M würden nur dann zwischen gekreuzten Nicols Zwillingslamellirung zeigen, wenn Lamellen nach dem Periklingesetz zur Ausbildung gelangt wären. Die Grenze derselben würde je nach der Lage des rhombischen Schnitts für

das vorliegende Mischungsverhältniss gegen die Spaltrisse nach P geneigt sein (Columne 4 der Tabelle auf S. 664), oder, wenn die Verwachsungsebene die Basis wäre (wohl der seltenere Fall) zu dieser parallel liegen. Die Auslöschungsschiefe ist gegen die Spaltrisse nach P zu messen.

Wenn ein zur Zwillingsebene sehr schiefer Schnitt vorliegt und die Lamellen sehr schmal sind, so kann es eintreten, dass eine präcise Auslöschung nicht erreicht wird. Es ist das die Folge davon, dass innerhalb der Dicke des Schliffs immer zwei Lamellen sich keilförmig überlagern. Es treten dann die S. 148 besprochenen Verhältnisse ein.

Für die Beobachtung im convergenten polarisirten Lichte ist es zunächst wichtig, dass bei allen Plagioklasen vom Albit bis zum Anorthit auf der Fläche M eine positive Bissectrix mehr oder weniger schief austritt. Die Axenwinkel um diese positive Bissectrix schwanken um 90°; sie sind spitz bei Albit mit $\varrho < v$, stumpf mit $\varrho < v$ bei Oligoklas, spitz mit $\varrho > v$ bei Labrador und stumpf bei gleicher Dispersion bei Anorthit. Die Grösse der Axenwinkel für verschiedenes Licht wächst also und nimmt ab in einem complicirten Verhältniss mit dem Anorthitgehalt.

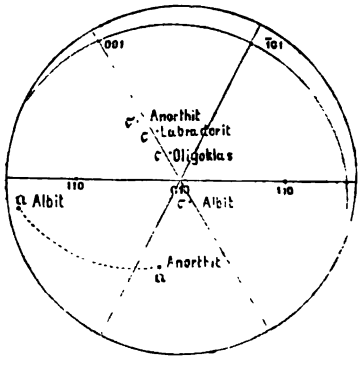


Fig. 234.

Die ungefähre Lage der Axenebene wird am besten ersichtlich an der der Schuster'schen Arbeit entnommenen Projection auf M (010) Fig. 234. Die positive Bissectrix liegt für alle Plagioklase sehr annähernd in der Zonenebene PM (001 : 010), neigt sich aber bei richtiger krystallographischer Stellung auf der rechten M-Fläche bei dem Albit nach der spitzen Kante P/M, richtet sich mit zunehmendem Anorthitgehalt auf, so dass sie bei den normalen Oligoklasen schon ein wenig gegen die stumpfe Kante P : M geneigt ist und diese Neigung wächst mehr und mehr bei den Labradoriten. Bytowniten und Anorthiten. Bei gewissen Oligoklas-Albiten wird die positive Bissectrix demnach mit der Normalen auf M sehr nahezu zusammenfallen. — Mit diesem Hinaufrücken des Austrittspunktes der positiven Bissectrix ist zugleich eine Drehung der Axenebene um dieselbe verbunden, derart, dass die negative Bissec-

trix, welche bei Albit auf dem Makropinakoid austritt, beim Anorthit um etwa 70° gedreht erscheint und nun einen Krystall in der Gegend der rechten, unteren, vorderen Ecke verlässt. Die Neigung der positiven Bissectrix nach unten von der Normalen auf M (010) beträgt bei Albit etwa 18°, die gleiche Neigung nach oben bei Anorthit etwa 42°; will man also Präparate senkrecht zu dieser Bissectrix haben, so muss man bei Albit die spitze, bei Anorthit die stumpfe Kante P : M entsprechend abschleifen.

Spaltblättchen und Schliffe des Albit nach M geben darnach im convergenten polarisirten Lichte den Austritt einer positiven Bissectrix seitlich (bei richtiger Stellung der rechten M-Fläche nach unten) im Gesichtsfelde, was man daran erkennt, dass bei hinreichender Convergenz des Lichtes und nicht zu dünnen Platten oben mehr Lemniskaten sichtbar werden, als unten. Die Axen selbst treten nicht mehr ins Gesichtsfeld, doch sind unter denselben Verhältnissen ihre äusseren Ringe beiderseits (links unten und rechts oben bei der Diagonalstellung) gleichmässig sichtbar. Die Dispersion ist geneigt und schwach horizontal. — Auf P erhält man kein Axenbild.

Bei Oligoklas tritt auf M eine Bissectrix nahezu senkrecht aus, die Neigung geht gegen die stumpfe Kante P/M. Die Dispersion ist sehr schwach geneigt und schwach gekreuzt. Auf P erscheint kein Axenbild.

Labrador und Bytownit zeigen auf der rechten M-Fläche im convergenten Lichte Curven und einen Axenbalken, welche auf den Austritt einer Axe links unten ausserhalb des Gesichtsfeldes schliessen lassen. Dieselbe Erscheinung geben Blättchen nach P, doch tritt in richtiger krystallographischer Stellung gedacht die Axe rechts oben ausserhalb des Gesichtsfeldes aus. Die Dispersion ist deutlich gekreuzt, schwach geneigt.

Anorthitblättchen zeigen auf der rechten Fläche M links unten das Bild einer Axe im Gesichtsfeld unfern des Randes, ebenso auf dem oberen P ein Axenbild hinten im Gesichtsfelde. Keine deutliche Dispersion der Bissectricen.

Aus dem über die optische Orientirung der Plagioklase Mitgetheilten ist ersichtlich, dass eine Bestimmung des jeweils vorliegenden Mischungsverhältnisses in gewissen Grenzen, welche wesentlich von der Vollkommenheit des vorliegenden Materiales, dessen Frische und nicht allzu complicirter Zwillingsstructur abhängen, durch die optische Untersuchung von Spaltlamellen möglich ist. Es

ist das einer der wichtigsten Fortschritte, welche die determinative Mineralogie gemacht hat; mit demselben eröffnen sich für die Petrographie geradezu neue Perspectiven. Die Schwierigkeit liegt vorwiegend in der Bestimmung des Charakters der Auslöschungsschiefe auf den untersuchten Spaltblättchen und Dünnschliffen. Winkelmessungen sind an Spaltblättchen nicht immer, am Dünnschliff natürlich niemals möglich. Die Schwierigkeiten verschwinden zum grossen Theil dadurch, dass bestimmte Schiefen auf P mit bestimmten Schiefen auf M conjungirt sind. Kleine Schiefen auf beiden Flächen weisen auf Oligoklas oder Andesin und die Unterscheidung dieser wird in den meisten Fällen unmöglich sein, wenn man nicht an messbaren Krystallen operirt. Grosse Schiefen auf beiden Flächen charakterisiren Bytownit und Anorthit. Mittlere Schiefen auf P und M treten bei Albit auf. Um zwischen diesen letztgenannten zu unterscheiden, wird man sich der Blättchen nach M bedienen. Sind im gewöhnlichen Lichte Spaltrisse nach dem Prisma vorhanden, so ist die Auslöschung ihrem Charakter nach leicht zu erkennen. Sie ist negativ, wenn sie im spitzen Winkel der Spaltrisse nach Prisma und Basis, positiv, falls sie im stumpfen Winkel dieser Spaltrisse liegt. Fehlen die Spaltrisse, so wendet man convergentes Licht an, um Albit und Labrador zu unterscheiden. Auf M des Albit tritt nahezu senkrecht eine positive Bissectrix aus, die Fläche M des Labrador hingegen zeigt keine erkennbare Bissectrix und keine Axe. Ebenso wird man bei Bytownit und Anorthit verfahren. Im convergenten Lichte giebt M bei Anorthit ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes, bei Bytownit tritt die Axe nicht mehr ins Gesichtsfeld.

Grundbedingung für die richtige Bestimmung an Spaltblättchen ist es natürlich, dass diese, wenn möglich, von zwei durchaus ebenen und glatten Spaltflächen begrenzt werden. Haben sie nur eine glatte und ebene Spaltfläche, so klebe man sie mit dieser auf und schleife ihr parallel eine zweite Fläche an. — Wird das Material zu kleinkörnig, um noch Spaltblättchen erhalten zu können, so wird man im Dünnschliff die ungestreiften Durchschnitte aufsuchen, deren Contouren, wo möglich, deutlich als solche von M erkennbar sind und prüfe diese im parallelen und convergenten Lichte. Man wird dadurch jedenfalls Aufschluss über die annähernde Basicität des Plagioklas erhalten, im glücklichen Falle denselben sogar genau bestimmen können. Sind die Plagioklase, was jedoch der seltenere Fall ist, stark nach dem Periklingesetz verzwillingt, so sind die

M-Flächen nur unsicher erkennbar und die Bestimmung erschwert, wenn nicht unmöglich.

Für solche Fälle, in denen gute Spaltstücke nicht zu erhalten sind, kann man mit gewissen Einschränkungen sich einer Art statistischen Verfahrens bedienen, welches von A. Michel-Lévy* besonders ausgearbeitet wurde. — Es ist klar, dass man Schnitte durch einen Plagioklas senkrecht zur Zwillingsebene M immer daran erkennen kann, dass die Auslöschungsschiefen in den alternirenden Lamellen nach links und rechts von der Zwillingsebene gleich gross sind, dass also die Auslöschungen symmetrisch zur Zwillingsebene M liegen. Misst man diese Auslöschungsschiefen, so wird man sehr verschiedene Werthe erhalten, die jedoch für jeden Plagioklas ein Maximum haben. Dasselbe ist für Mikroklin 18°, für Albit 15° 45′, für Oligoklas 18° 30′, für Labradorit unter gewissen Voraussetzungen 31° 15′, für Anorthit über 37° 21′. Man sieht also, dass z. B. das Auftreten von Auslöschungsschiefen in dieser zu M senkrechten Zone von 25° beweisen würde, dass kein Albit und Oligoklas vorliegen kann, doch wäre die Entscheidung zwischen Labradorit und Anorthit nicht möglich. Ueberhaupt wäre nur dann dieses Verfahren verwendbar, wenn man sicher sein könnte, dass man das Schiefenmaximum beobachtet hat. Da diese Voraussetzung nicht zutrifft, so muss eine solche Bestimmung mit äusserster Vorsicht angewandt werden.

Für die Bestimmung von Plagioklasmikrolithen schlug A. Michel-Lévy vor, sich der Zone P : M zu bedienen, nach welcher sie vorwiegend prismatisch entwickelt sind, so dass also ihre Längsaxe der Axe dieser Zone entspricht. In dieser Zone schwanken die Auslöschungsschiefen einer Lamelle gemessen gegen die Zonenaxe, bei Mikroklin von 0° bis 16°, bei Albit von 0° bis 19°, bei Oligoklas von 0° bis 2°, bei Labrador von 0° bis 17° oder von 0° bis 27° (je nach der Grösse des Axenwinkels 2V), bei Anorthit von 0° bis 37°. Man sieht also, dass allerdings Oligoklasmikrolithe gut dadurch charakterisirt sind, dass sie stets annähernd genau zur Längsrichtung das Licht auslöschen. Die häufige Wiederkehr von Auslöschungsschiefen über 27° gegen die Längsrichtung würde auf Anorthit schliessen lassen. Weiter geht eine sichere Verwendung dieser Daten wohl nicht.

---

* A. Michel-Lévy, De l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle pour l'étude des roches éruptives. Paris. 1877. Ann. des Mines. (7.) XII. 451 sqq.

In den Fällen, wo die optische Bestimmung der Plagioklase unthunlich ist, bedient man sich mit Vortheil des specifischen Gewichtes. Man wird dasselbe entweder an kleinen Körnchen, die man aus dem gepulverten Gestein ausgelesen hat, durch Schwebenlassen in einer Scheideflüssigkeit bestimmen, deren Dichte man dann nach einer der S. 256 angeführten Methoden feststellt, oder dadurch, dass man bei der mechanischen Trennung der Mineralgemengtheile die Dichte der Scheideflüssigkeit unmittelbar vor dem Ausfall und während des Ausfalls des Plagioklaspulvers nimmt. TSCHERMAK wies zuerst nach, dass bei den Plagioklasen das specifische Gewicht mit dem Anorthitgehalt derart zunimmt, dass dasselbe aus dem bekannten Mischungsverhältniss eines bestimmten Plagioklas berechnet werden kann. Dabei war für den reinen Albit das sp. G. zu 2.624, für den reinen Anorthit zu 2.758 angenommen. V. GOLDSCHMIDT* führte eine grosse Anzahl von Dichtebestimmungen an Feldspathen aus, die durchschnittlich etwas niedriger ausfielen, als die von TSCHERMAK gegebenen Werthe, wenngleich die Differenzen keine grossen sind. BÄRWALD bestimmte an dem ideal reinen Albit des Kasbek das spec. G. zu 2.618. In folgender Tabelle sind die von TSCHERMAK und GOLDSCHMIDT gegebenen Werthe zusammengestellt.

	Dichte nach TSCHERMAK	Dichte nach GOLDSCHMIDT	Typischer Mittelwerth
Orthoklas Mikroklin	2.56—2.57	2.50—2.59	2.57
Albit	2.62—2.64	2.61—2.63	2.62
Oligoklas	2.64—2.66	2.62—2.65	2.64
Andesin	2.66—2.69	2.65	2.65
Labradorit	2.69—2.71	2.68—2.70	2.69
Bytownit	2.71—2.74	2.70—2.72	2.71
Anorthit	2.74—2.76	2.73—2.75	2.75

Bei der grossen Genauigkeit, mit welcher die Dichteermittlung in Scheideflüssigkeiten ausgeführt werden kann, ist diese Bestimmung der Feldspathe eine sehr zuverlässige, sobald das Material ein reines und frisches ist. Sie verliert bedeutend an Sicherheit durch die Anwesenheit von Interpositionen, sowie durch Umwandlungsprocesse in den zu bestimmenden Feldspathen. Man muss sich erinnern, dass die in den porphyrischen Gesteinen verbreitetsten Einschlüsse der Feldspathe (Gase und glasige Theile des Magmas)

* V. GOLDSCHMIDT, Ueber die Verwendbarkeit einer Kaliumquecksilberjodidlösung bei mineralogischen und petrographischen Untersuchungen. L. J. B.-B. I. 1880.

das specifische Gewicht herabdrücken, während die individualisirten Einschlüsse der Feldspathe in den körnigen Gesteinen eine Erhöhung desselben zu bewirken geeignet sind. Weniger sicher lässt sich der Einfluss voraussehen, den Umwandlungsvorgänge in den Feldspathen auf die Dichte ausüben, weil die Umwandlungsproducte sehr schwer mit Zuverlässigkeit erkannt werden können. Eine Kaolin- und Zeolithbildung würde die Dichte verringern, die Entwicklung von Carbonaten, die Glimmer- und Saussuritbildung müsste sie steigern.

Es liegt auf der Hand, dass auch die chemische Untersuchung der Feldspathe in Spaltblättchen oder im Pulver nach ihrer Isolation in dichten Gesteinen zur Bestimmung mit Vortheil verwendet werden kann, ja man wird dieselbe zur Controle der auf anderem Wege gefundenen Resultate in allen Fällen ausführen. Abgesehen davon, dass der Anorthit und Bytownit durch kochende Salzsäure unter Gallertbildung zersetzt werden, während die übrigen Feldspathe gar nicht oder nur sehr wenig angegriffen werden, unterscheidet man dieselben am sichersten bei Anwendung der Bořicky'schen Methode nach den Mengen der gebildeten Kalium-, Natrium- und Calciumkieselfluorüre. Auch auf die Vortheile der spectralanalytischen Untersuchung sei hingewiesen.

Die Umwandlungsvorgänge der Plagioklase sind theils dieselben wie bei dem Orthoklas; es bilden sich bald Kaolin, bald Muscovit oder vielleicht Paragonit, in andern Fällen auch wohl Hydrargillit. Der Natur der Sache nach erscheint neben Quarz auch Calcit in weitester Verbreitung als Nebenproduct bei diesem Vorgange. — Eine Zeolithisirung ist besonders häufig da zu beobachten, wo die Plagioklase in jüngeren Eruptivgesteinen mit Nephelin oder Mineralien der Sodalithgruppe associirt sind, kommt aber auch in gewissen Gesteinen der Diabas- und Gabbrofamilie vor*. — Vorwiegend auf dynamometamorphe Gebiete beschränkt ist die sogenannte saussuritische Umwandlung der basischen Plagioklase (Labrador, Bytownit und Anorthit); dieselben werden dabei zu einem Aggregat, welches vorwiegend aus Epidot oder Zoisit besteht, neben denen anscheinend auch stellenweise Skapolith sich bildet, während der Natrongehalt zur Albitbildung Veranlassung giebt. Einzelheiten über diese Vorgänge sind Gegenstand der Besprechung im II. Bande dieses Buches. — Mehr den Charakter eines localen Vorganges hat

* J. H. Kloos, Studien im Granitgebiet des südlichen Schwarzwaldes. L. J. B.-B. III. 1884. 37.

die Umwandlung der Feldspathe in pseudophitische Substanzen, welche in körnigen Kalken von v. Drasche, Zepharovich und Groth* beobachtet wurde, wobei also der Kalk- und Alkaligehalt durch Magnesia und Eisenoxydul aus associirten Mineralien ersetzt werden musste.

Die künstliche Darstellung der Plagioklase ist auf verschiedenen Wegen gelungen. So stellten Hautefeuille** und Friedel und Sarasin*** den Albit ganz nach denselben Methoden dar, durch welche sie den Orthoklas hatten krystallisiren lassen (cf. S. 637). Ch. und G. Friedel† durch Einwirkung von Aetzkalk und Chlorcalcium auf Muscovit unter Druck und bei hoher Temperatur den Anorthit. — Weitaus am wichtigsten ist jedoch die von F. Fouqué und A. Michel-Lévy†† ausgeführte Darstellung der Plagioklase aus dem directen Schmelzfluss. Sie erhielten durch Schmelzung der Bestandtheile dieser Feldspathe Gläser, welche bei längerer Erhaltung im viscosen Zustande mehr oder weniger vollständig in denselben mikrolithischen Formen krystallisirten, die sie in den vulkanischen Gesteinen besitzen. Ganz besonders deutlich sind die auf diese Weise entstandenen Krystalle des Anorthit und Labradorit, sehr klein diejenigen des Oligoklas, ziemlich undeutlich diejenigen des Albit. Es ist zu erwähnen, dass bei der durchaus gleichen Behandlung von Mischungsverhältnissen von Albit und Anorthit in anderen Proportionen nach Angabe dieser Forscher ein Zerfall in zwei dieser Plagioklase stattfand. — Die zufällige Bildung von Anorthit bei dem Brande von Kornhaufen beobachtete Vélain†††, ebenso Mallard*† bei Kohlenbränden in Commentry und Cranzac. — Dass bei der Erstarrung einer Schmelze von Melanit und Idokras sich Anorthit bildet, wurde von Des Cloizeaux, Dölter u. A. wahrgenommen.

Der Albit hat in den Gesteinen eine grössere Verbreitung, als man früher annahm. In der derben, nicht glasigen Form bildet

---

* R. von Drasche, Ueber eine pseudomorphe Bildung nach Feldspath. T. M. M. 1873. 125; — V. von Zepharovich, Ueber eine Feldspath-Metamorphose von Ckyn in Böhmen. Ibidem. 1874. 7; — P. Groth, Das Gneissgebiet von Markirch im Ober-Elsass. Strassburg. 1877. 59.

** C. R. 1877. LXXXIV. 1301 u. 1880. XC. 830.

*** C. R. 1883. XCVII. 290.

† Bull. Soc. min. Fr. 1890. XIII. 233.

†† C. R. 1878. LXXXVII. 700.

††† Bull. Soc. min. Fr. 1878. I. 113.

*† Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 230.

er einen Gemengtheil gewisser granitischer Gesteine*, deren Verbreitung bis dahin wenig untersucht worden ist. Die Krystalloide desselben zeigen die Zwillingsbildung in der normalen polysynthetischen Wiederholung der Granitplagioklase. In mikroperthitischer Verwachsung mit Orthoklas und Mikroklin ist der Albit ganz allgemein in Graniten und Gneissen, zumal solchen mit hohem Kieselsäuregehalt vorhanden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Albit in der mikrokrystallinen Grundmasse porphyrischer und porphyritischer Gesteine stellenweise reichlich vorhanden sei und hier wegen mangelnder Zwillingsbildung mit Orthoklas verwechselt werde. Man kann seine Anwesenheit aus dem chemischen Bestande solcher Grundmassen ziemlich sicher erschliessen; direct nachgewiesen ist sie bisher noch nicht. — In Form langprismatischer Mikrolithe vom Mikrotinhabitus erscheint der Albit wohl in der Grundmasse saurer trachytischer und andesitischer Eruptivgesteine, wahrscheinlich auch nicht selten unter den Einsprenglingen derselben. Auch hier ist der Nachweis bisher vorwiegend von der chemischen Seite her geführt worden. — Eine früher ganz ungeahnte Verbreitung hat der Albit in dem Gebiet der krystallinen Schiefer, zumal in solchen, deren krystalliner Zustand durch dynamometamorphe Vorgänge bedingt ist. So beschreibt ihn A. Böhm** aus Gneiss des Wechselgebirges, dem nordöstlichen Ausläufer der Centralkette der Alpen, in deutlich polysynthetischen Körnern. In den Sericitgneissen, Phyllitgneissen, Feldspathphylliten und Porphyroiden bildet er bald mehr oder weniger deutliche Krystalle, bald Körner, die einsprenglingsartig hervortreten, bald in innigem Gemenge mit Quarz und Muscovit mehr oder weniger feinkörnige Aggregate. Auch bei grosser Frische ist er durch sehr reichliche Einschlüsse von kohliger Substanz, Rutilnädelchen, winzigen Flüssigkeits- und Gasinterpositionen weisslich, oft trübe bis dunkelgrau, auch röthlich durch Infiltrationen von Eisenhydroxyd. Die Zwillingsbildung fehlt nicht selten ganz, oder er bildet einfache Zweihälfter, in deren Einzelindividuen gelegentlich sehr kleine Lamellen in Zwillingsstellung eingeschaltet sind. Die Zwillingsgrenze ist oft eine ganz unregelmässige Linie. Wesentlich durch Lossen's*** schöne Untersuchungen

* Erläuterungen zu den Sectionen Eibenstock und Schneeberg der geolog. Specialkarte des Königreichs Sachsen. Leipzig. 1883 u. 1884.

** T. M. P. M. 1883. V. 202.

*** K. A. Lossen, Geognostische Beschreibung der linksrheinischen Fortsetzung des Taunus. Z. D. G. G. 1867. XIX. 557 et passim; — Ueber Albit-

ist der Albit in dieser Form nachgewiesen. Mit sehr ähnlichem Habitus, nur meistens in noch viel feinerem Korn, tritt endlich der Albit in den Adinolen der Diabascontacthöfe und vielen sogenannten Grünschiefern, sowie in Quarzknauern und Trümern der Phyllite und Thonschiefer auf. — Die Neubildung von Albit in Gesteinen wird schön illustrirt durch die von A. Issel (L. J. 1890. I. -7-) aufgefundenen Krystalle dieses Minerals in gefaltetem tertiären Kalkstein der Gegend von Rovegno an der Trebbia. Die Albitkrystalle umschliessen hier z. Th. die Radiolarien des Gesteins.

Der Oligoklas in derben Körnern und Krystallen ist in den granitischen, syenitischen, dioritischen Gesteinen und ihren porphyrischen Aequivalenten einer der häufigsten Feldspathe und begleitet besonders gern den Orthoklas. Einschlüsse und Structur sind durchaus die gleichen und gleichgeordnet, wie bei dem Orthoklas derselben Gesteine, mit denen er gern verwachsen ist. Wo eine Form deutlich zu erkennen ist, verweist sie auf den mehr äquidimensionalen bis tafelförmigen Habitus der Figuren 223 und 231. Die Zwillingslamellirung fehlt wohl nur sehr selten, wenn je, und die Lamellen pflegen nicht sehr breit zu sein. Unter denselben Formen und mit der gleichen Mikrostructur tritt der Oligoklas in manchen Gneissen auf. Die Verwitterung führt zur Bildung von Kaolin und hellem Glimmer mit accessorischer Ausscheidung von Kalkspath oder Epidot. — In den Diabasgesteinen und ihren porphyrischen Formen pflegt der Habitus des Oligoklas leistenförmig mit im Gleichgewicht ausgebildetem P und M zu sein. In dieser Gruppe sind auch bei holokrystalliner Ausbildung Glaseinschlüsse im Oligoklas gelegentlich zu beobachten. — Mit Mikrotinhabitus bildet der Oligoklas einen hauptsächlichen Gemengtheil der trachytischen und andesitischen Gesteine und hat hier als Einsprengling vorwiegend tafelartige, als Gemengtheil der Grundmasse leistenförmige Gestalt. Ueberaus charakteristisch ist für ihn, wie für alle Plagioklase der genannten Gesteine, der Reichthum an Glaseinschlüssen, die ihn oft förmlich netzartig durchziehen (Taf. XXIV Fig. 3), oft zonar, peripherisch oder central geordnet, selten einzeln und regellos vertheilt sind. — In den basaltischen Gesteinen herrscht die Leistenform an den Oligoklasen.

---

porphyroide aus dem Harz. Ibidem. 1879. XXXI. 441; vgl. auch Erläuterungen zu den Sectionen Burkhardtsdorf und Schellenberg-Flöha der geolog. Specialkarte des Königreichs Sachsen. Leipzig. 1879 u. 1881; — H. von Foullon, Die Gesteine und Minerale des Arlbergtunnels. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1885. XXXV. 56 sqq.

Mit dem Namen Sonnenstein werden gewisse grossblättrige Oligoklase bezeichnet, die durch Einlagerungen von Eisenglanzlamellen einen schönen rothen Farbenschiller erhalten. Das bekannte Vorkommen von Twedestrand wurde von Th. Scheerer* mikroskopisch untersucht. Die Eisenglanzlamellen liegen vorwiegend auf den Flächen P, M und einem Prisma, z. Th. auch parallel einer Fläche 2P (22$\bar{1}$).

S. L. Penfield und E. S. Sperry** analysirten und beschrieben einen wasserhellen Oligoklas ($Ab_{3-6}An_1$) von Bakersville, N. C., bei welchem auf P die Auslöschungsschiefe + 39° bis 40° betrug, während auf M eine Axe senkrecht austrat. Dieses überraschende Verhalten bedarf noch der Erklärung. Das specifische Gewicht war 2.651. A. Offret (c. f. S. 660) fand denselben Oligoklas von durchaus normalem optischen Verhalten.

Der Andesin hat ganz die gleiche geognostische Stellung und die Ausbildungsformen, wie der Oligoklas in den alten und jungen Eruptivgesteinen, sowie in den Gneissen.

Der Labrador scheint auf die basischeren Eruptivgesteine und gewisse Amphibol- und Pyroxen-reiche Glieder der krystallinen Schiefer beschränkt zu sein; jedenfalls scheint er die Gegenwart des Orthoklas und des Quarzes zu meiden. Die derben Labradore der älteren körnigen Massengesteine der Dioritfamilie besitzen ganz den Habitus der Oligoklase und Andesine, ebenso im Allgemeinen die leistenförmigen Labradore der Diabase und Ophite. Dagegen sind die späthigen Labradore der Gabbro- und Noritreihe*** oft durch eigenthümlich graue oder graubraune bis rostbraune Farbe ausgezeichnet. Dieselbe rührt von Interpositionen her, welche trotz aller Verschiedenheit in der Form wesentlich den Eisen- und Titaneisenerzen anzugehören scheinen. Besonders charakteristisch sind lange undurchsichtige oder bräunlich durchscheinende Blättchen und Täfelchen von hexagonalen, rhombischen oder unregelmässigen Umrissen, wahrscheinlich Ilmenit und Eisenglanz. Daneben treten nadelförmige, meistens sehr geradlinige, dann aber auch wohl ge-

---

* Pogg. Ann. 1845. LXIV. 153; — cf. Isaac Lea, Proceed. Acad. of nat. sc. Philadelphia. 1866. 110.

** Amer. Journ. 1888. XXXVI. 324.

*** G. Rose, Ueber die Gabbroformation von Neurode in Schlesien. Z. D. G. G. 1867. XIX. 276; — R. Hagge, Mikroskop. Untersuchungen über Gabbro etc. Kiel. 1871; — F. Zirkel, Geologische Skizzen von der Westküste Schottlands. Z. D. G. G. 1871. XXIII. 43 et passim und L. J. 1870. 801.

bogene, geknickte oder in Punkte zerfallende Mikrolithe auf. In vielen Labradoren der Gabbros und Norite, z. Th. auch in denen der Ophite sinken diese Interpositionen zu den allerfeinsten staubartigen, und selbst bei sehr starken Vergrösserungen nicht auflösbaren Gebilden herab. Ueber ihre Angreifbarkeit durch Säuren gehen die Beobachtungen der verschiedenen Forscher auseinander; sie erweisen sich bald löslich, bald unlöslich. Zum Theil hat das offenbar seinen Grund in der Art der Vertheilung. — Ausserdem enthalten diese Labradore oft Mikrolithe von Pyroxenen und Hornblende, Krystalle oder Körner der älteren associirten Mineralien und recht häufig Flüssigkeitseinschlüsse. — Mit dem gleichen Habitus tritt der Labrador in vielen Amphiboliten der krystallinen Schieferformation auf, welche offenbar dynamometamorphe Gabbro sind.

Zu dieser Gruppe der Labradore gehören die durch ihr schönes Farbenspiel und ihre Grossblättrigkeit bekannten Labradore von der Paulsinsel, von Ojamo und aus der Umgebung von Kiew, mit deren Interpositionen und Mikrostructur sich eine grosse Anzahl mikroskopischer Untersuchungen beschäftigen. Vogelsang war der erste, welcher den Farbenschiller dieser Labradore mit den gesetzmässig angeordneten Interpositionen derselben in ursächliche Beziehung setzte. Diese Interpositionen unterscheiden sich von denen der gewöhnlichen Gabbro-Labradore nur durch die Schönheit der Ausbildung und ihre meist sehr gesetzmässige Anordnung parallel der vertikalen und parallel der brachydiagonalen Axe. Die wichtigsten Arbeiten über diese farbenwandelnden Labradore lieferten Hessel*, Senff**, Nordenskiöld***, Brewster†, Reusch††, Vogelsang††† und Schrauf*†.

Hervorzuheben ist die Neigung dieser Gabbro-Labradore zu gleichzeitiger Ausbildung des Albit- und Periklin-Zwillingsbaus, sowie die Seltenheit der Carbonatbildung bei Zersetzungsvorgängen. Diese letzteren führen fast regelmässig zur Saussuritbildung. — Der Petrographie gehört die Besprechung der Umwandlungsvorgänge unter Mitwirkung der aus den associirten Mineralien (Pyroxene, Olivin, Ilmenit) herstammenden Lösungen zu.

* Kastner's Arch. f. d. ges. Naturl. 1827. X. 273 u. Pogg. Ann. 1850. LXXIX. 442.
** Pogg. Ann. 1829. XVII. 352.
*** Pogg. Ann. 1830. XIX. 179.
† Transact. Roy. Soc. of Edinburgh. 1881. XI.
†† Pogg. Ann. 1863. CXX. 95.
††† Archives Néerlandaises. 1868. III.
*† S. W. A. 1869. LX. Dec.-Heft.

Die Labradore der mesozoischen porphyritischen Ergussgesteine (Porphyrit, Augitporphyrit, Melaphyr etc.), sowie der jüngeren vulkanischen Gesteine (Trachyte, Andesite, Basalte und Tephrite) zeigen durchaus die Ausbildungsformen und Mikrostructurverhältnisse der saureren Feldspathe derselben Gesteine.

Der Bytownit besitzt die gleiche geologische Stellung, die gleichen Ausbildungsformen und die gleiche Mikrostructur wie der Labrador in den alten und jungen, körnigen und porphyrischen Gesteinen. Dass das Vorkommen, welches dieser zwischen Labradorit und Anorthit stehenden Plagioklasreihe den Namen gab, ein Gemenge sei, wies F. Zirkel* nach.

Der Anorthit tritt gleichfalls in körnigen Individuen oder grossblättrigen Aggregaten in wenigen Dioriten, in Leistenform in seltenen Diabasen und in den Tescheniten, in grossspäthigen Massen im Gabbro und Norit, zumal im olivinführenden, auf und besitzt hier die Structur der Labradore. Tafelförmige Krystalle bildet er in den basischesten mesozoischen Porphyriten. — Die Mikrotinform des Anorthit findet sich in manchen Andesiten und Basalten, besonders häufig in den älteren körnigen Ausscheidungen dieser Gesteine, welche gelegentlich als Bomben zu Tage gefördert werden, oder einschlussartig in den Lavaergüssen liegen. — Innerhalb des krystallinen Schiefergebirges finden sich Labrador, Bytownit und Anorthit nur in Amphiboliten, deren Entstehung aus Gabbro wahrscheinlich ist.

Ueber die basischen, zum Anorthit und Bytownit gehörigen Plagioklase, welche man Amphodelit, Latrobit, Indianit, Rosellan, Polyargit und Pyrrholith genannt hat, und über die pseudophitische Umwandlung dieser berichtete Fischer**. — Ihre optische Untersuchung führte Des Cloizeaux (l. c.) durch. — Die zuckerkörnigen, daher von Glocker Saccharit genannten, feldspathreichen Gemenge, welche nester- und trumartig im Serpentin auftreten, besprachen v. Lasaulx*** und Liebisch.†

1. Anhang. Neben der eigentlichen Plagioklasgruppe, welche also den Albit und Anorthit, sowie ihre isomorphen Mischungen von der allgemeinen Formel $Ab_n An_m$ enthält und deren Glieder niemals

---

* T. M. M. 1871. 61.

** Kritische, mikroskopisch-mineralogische Studien. 1. Fortsetzung. Freiburg i. Br. 1871. 40 sqq.

*** L. J. 1878. 623.

† Z. D. G. G. 1877. XXIX. 735.

einen bedeutenden Gehalt an der Verbindung Or = $KAlSi_3O_8$ besitzen, scheint eine bis dahin nicht genau bekannte und in ihrer Verbreitung, sowie ihren Eigenschaften nur wenig erforschte Reihe von triklinen Kali-Natron-Feldspäthen zu bestehen, deren Gehalt an An = $CaAl_2Si_2O_8$ niemals eine bestimmte Grenze scheint überschreiten zu können. Feldspathe, die hieher gehören, wurden zuerst von H. Förstner* als Natronorthoklase von der Insel Pantelleria beschrieben und für monoklin gehalten. C. Klein**, welcher einen wohl auch dieser Reihe zuzuzählenden Feldspath vom Hohenhagen untersuchte, erkannte die trikline Natur des Förstner'schen Natronorthoklases und stellte denselben, ebenso wie den Hohenhagener Feldspath in die Nähe des Oligoklas. W. C. Brögger*** fand alsdann in den Augitsyeniten, deren mit Albit durchwachsene Orthoklase oben erwähnt wurden, Feldspathe, welche kein mechanisches Gemenge von Orthoklas und Albit erkennen liessen, und sich optisch z. Th. monoklin, z. Th. triklin verhielten. Ihre in beiden Fällen gleiche chemische Zusammensetzung, wesentlich Or_2Ab_3, liess sie als isomorphe Mischungen oder aber als innige mechanische Gemenge von Kali- und Natronfeldspath mit nicht bedeutendem Gehalt an Kalkfeldspath auffassen, und Brögger unterschied sie als Natronorthoklas und Natronmikroklin. Sein Natronorthoklas umfasst den von Breithaupt Mikroklin genannten farbenschillernden Feldspath der pegmatitischen Gänge der Gegend von Frederiksvärn. In seiner oft citirten grundlegenden Arbeit über diese Gänge und ihre Mineralführung bezeichnete er diesen Natronorthoklas als Kryptoperthit (s. o. S. 641) und erörterte eingehend dessen Beziehungen zu den Mikroperthiten. Er weist an einem Beispiel der Gegend von Helgeråen nach, dass die Orthoklas-Albitverwachsung eine ursprüngliche sein muss, an einem andern von Kleven zwischen Frederiksvärn und Laurvik wird dargethan, dass die Ausscheidung des Albits aus dem Natronorthoklas secundär sein müsse, wofür mit grossem Gewichte die Beobachtung spricht, dass um die Albitspindeln und Trümer sich in angenähert gleichen Dimensionen schmale Mäntel eines Feldspathes mit 5°—6° Aus-

* Ueber Natronorthoklas von Pantelleria. Z. X. 1877. I. 547.

** Ueber den Feldspath im Basalt vom Hohen Hagen bei Göttingen und seine Beziehung zu dem Feldspath vom Mte. Gibele. Göttinger Nachrichten. 1878. No. 14 und L. J. 1879. 518.

*** Die silurischen Etagen 2 und 3 im Christiania-Gebiet. Christiania. 1872. 260 sqq. u. 293 sqq.

löschungsschiefe auf M legen, der also wohl nur Kalifeldspath sein könne. Aehnliche Beobachtungen hatte schon Kloos (l. c.) gemacht. Brögger rechnete auch die in ihrer chemischen Zusammensetzung doch etwas abweichenden, kalkreicheren, aber in gewissen geometrischen und physikalischen Eigenschaften allerdings sehr nahestehenden und vielleicht eine Zwischenform darstellenden Feldspathe der Rhombenporphyre zum Natronmikroklin. Neuerdings hat H. Förstner* die Feldspathe der Pantellaria-Laven einer erneuten Untersuchung unterzogen und eine ansehnliche Reihe solcher trikliner Kali-Natronfeldspäthe mit geringem Kalkgehalt chemisch, krystallographisch und optisch bestimmt.

Die Reihe der triklinen Kali-Natronfeldspäthe, zu deren wichtigsten Eigenschaften gerechnet werden muss, dass sie einen scheinbaren Spaltwinkel P : M besitzen, der kaum oder nicht nachweisbar von einem rechten abweicht und doch davon abweichen muss, soll als die Reihe der Anorthoklase bezeichnet werden im Gegensatz zu den nachweisbar schief spaltenden Plagioklasen.

Die Anorthoklase sind isomorphe Mischungen von Ab und Or im Verhältniss von etwa 2 : 1 bis 4.5 : 1, also Ab_2Or_1 bis $Ab_{4.5}Or_1$, denen in wechselnden Mengen An beigemengt ist. Das Verhältniss An : Ab + Or schwankt von 1 : 3 bis 1 : 22. Der Formenhabitus ist genau derjenige der übrigen Feldspathe, doch tritt hier ein sonst nicht vorkommender Typus gelegentlich auf, bei welchem die Krystalle stark nach c prismatisch entwickelt sind. T und l herrschen, M tritt bis zum Verschwinden zurück. Unter den Makrodomen scheint y ausschliesslich aufzutreten. Der trikline Charakter ist sehr versteckt. Die Zwillingsbildung nach dem Karlsbader, Bavenoer und Manebacher Gesetz ist sehr verbreitet; die Einzelindividuen sind Viellinge nach dem Albit- und Periklingesetz. Dabei sind die Zwillingslamellen fast stets von äusserster Feinheit, so dass P und M scheinbar ebene Flächen sind und sich eben deshalb unter rechtem Winkel zu schneiden scheinen. Zu dem Albit- und Periklingesetz tritt local ein drittes Gesetz der Lamellenordnung: Zwillingsaxe die Normale auf y (201).

Die Lamellen nach dem Periklingesetz, also der rhombische Schnitt, liegen auf der M-Fläche um 4°—6°, selten um 8° steiler als die Spaltungsrisse nach P, also im negativen Sinne und demnach umgekehrt wie bei Albit, dem die Anorthoklase chemisch am nächsten stehen.

* Ueber die Feldspäthe von Pantelleria. Z. X. 1883. VIII. 125.

einen bedeutenden Gehalt an der Verbindung Or = $KAlSi_3O_8$ besitzen, scheint eine bis dahin nicht genau bekannte und in ihrer Verbreitung, sowie ihren Eigenschaften nur wenig erforschte Reihe von triklinen Kali-Natron-Feldspäthen zu bestehen, deren Gehalt an An = $CaAl_2Si_2O_8$ niemals eine bestimmte Grenze scheint überschreiten zu können. Feldspathe, die hieher gehören, wurden zuerst von H. Förstner* als Natronorthoklase von der Insel Pantelleria beschrieben und für monoklin gehalten. C. Klein**, welcher einen wohl auch dieser Reihe zuzuzählenden Feldspath vom Hohenhagen untersuchte, erkannte die trikline Natur des Förstner'schen Natronorthoklases und stellte denselben, ebenso wie den Hohenhagener Feldspath in die Nähe des Oligoklas. W. C. Brögger*** fand alsdann in den Augitsyeniten, deren mit Albit durchwachsene Orthoklase oben erwähnt wurden, Feldspathe, welche kein mechanisches Gemenge von Orthoklas und Albit erkennen liessen, und sich optisch z. Th. monoklin, z. Th. triklin verhielten. Ihre in beiden Fällen gleiche chemische Zusammensetzung, wesentlich Or_2Ab_3, liess sie als isomorphe Mischungen oder aber als innige mechanische Gemenge von Kali- und Natronfeldspath mit nicht bedeutendem Gehalt an Kalkfeldspath auffassen, und Brögger unterschied sie als Natronorthoklas und Natronmikroklin. Sein Natronorthoklas umfasst den von Breithaupt Mikroklin genannten farbenschillernden Feldspath der pegmatitischen Gänge der Gegend von Frederiksvärn. In seiner oft citirten grundlegenden Arbeit über diese Gänge und ihre Mineralführung bezeichnete er diesen Natronorthoklas als Kryptoperthit (s. o. S. 641) und erörterte eingehend dessen Beziehungen zu den Mikroperthiten. Er weist an einem Beispiel der Gegend von Helgeråen nach, dass die Orthoklas-Albitverwachsung eine ursprüngliche sein muss, an einem andern von Kleven zwischen Frederiksvärn und Laurvik wird dargethan, dass die Ausscheidung des Albits aus dem Natronorthoklas secundär sein müsse, wofür mit grossem Gewichte die Beobachtung spricht, dass um die Albitspindeln und Trümer sich in angenähert gleichen Dimensionen schmale Mäntel eines Feldspathes mit 5°—6° Aus-

* Ueber Natronorthoklas von Pantelleria. Z. X. 1877. I. 547.

** Ueber den Feldspath im Basalt vom Hohen Hagen bei Göttingen und seine Beziehung zu dem Feldspath vom Mte. Gibele. Göttinger Nachrichten. 1878. No. 14 und L. J. 1879. 518.

*** Die silurischen Etagen 2 und 3 im Christiania-Gebiet. Christiania. 1872. 260 sqq. u. 293 sqq.

löschungsschiefe auf M legen, der also wohl nur Kalifeldspath sein könne. Aehnliche Beobachtungen hatte schon Kloos (l. c.) gemacht. Brögger rechnete auch die in ihrer chemischen Zusammensetzung doch etwas abweichenden, kalkreicheren, aber in gewissen geometrischen und physikalischen Eigenschaften allerdings sehr nahestehenden und vielleicht eine Zwischenform darstellenden Feldspathe der Rhombenporphyre zum Natronmikroklin. Neuerdings hat H. Förstner* die Feldspathe der Pantellaria-Laven einer erneuten Untersuchung unterzogen und eine ansehnliche Reihe solcher trikliner Kali-Natronfeldspäthe mit geringem Kalkgehalt chemisch, krystallographisch und optisch bestimmt.

Die Reihe der triklinen Kali-Natronfeldspäthe, zu deren wichtigsten Eigenschaften gerechnet werden muss, dass sie einen scheinbaren Spaltwinkel P : M besitzen, der kaum oder nicht nachweisbar von einem rechten abweicht und doch davon abweichen muss, soll als die Reihe der Anorthoklase bezeichnet werden im Gegensatz zu den nachweisbar schief spaltenden Plagioklasen.

Die Anorthoklase sind isomorphe Mischungen von Ab und Or im Verhältniss von etwa 2 : 1 bis 4.5 : 1, also Ab_2Or_1 bis $Ab_{4.5}Or_1$, denen in wechselnden Mengen An beigemengt ist. Das Verhältniss An : Ab + Or schwankt von 1 : 3 bis 1 : 22. Der Formenhabitus ist genau derjenige der übrigen Feldspathe, doch tritt hier ein sonst nicht vorkommender Typus gelegentlich auf, bei welchem die Krystalle stark nach c prismatisch entwickelt sind. T und l herrschen, M tritt bis zum Verschwinden zurück. Unter den Makrodomen scheint y ausschliesslich aufzutreten. Der trikline Charakter ist sehr versteckt. Die Zwillingsbildung nach dem Karlsbader, Bavenoer und Manebacher Gesetz ist sehr verbreitet; die Einzelindividuen sind Viellinge nach dem Albit- und Periklingesetz. Dabei sind die Zwillingslamellen fast stets von äusserster Feinheit, so dass P und M scheinbar ebene Flächen sind und sich eben deshalb unter rechtem Winkel zu schneiden scheinen. Zu dem Albit- und Periklingesetz tritt local ein drittes Gesetz der Lamellenordnung: Zwillingsaxe die Normale auf y (201).

Die Lamellen nach dem Periklingesetz, also der rhombische Schnitt, liegen auf der M-Fläche um 4°—6°, selten um 8° steiler als die Spaltungsrisse nach P, also im negativen Sinne und demnach umgekehrt wie bei Albit, dem die Anorthoklase chemisch am nächsten stehen.

* Ueber die Feldspäthe von Pantelleria. Z. X. 1883. VIII. 125.

Spaltung geht parallel P und M, wie bei allen Feldspathen. — Das specifische Gewicht liegt zwischen demjenigen des Orthoklas und Albit, 2.57—2.60, und steigt mit dem Albitgehalt. Dasselbe ist genau das gleiche, wie bei den Perthiten.

Brechungsexponent niedrig; $\beta_{na} = 1.504—1.581$ nach Förstner, wurde nicht direct bestimmt, sondern aus den Axenwinkeln gerechnet. Doppelbrechung etwas stärker als bei Orthoklas. Die Auslöschung auf P ist positiv und schwankt zwischen 5° 45′ und 1° 30′; ebenso ist sie auf M positiv und liegt zwischen 6° und 9° 48′ und zwar scheint sie, wenn man den Anorthitgehalt unberücksichtigt lässt, mit dem Albitgehalt auf P zu fallen und auf M zu steigen. Die Zwillingslamellirung ist auf basischen Schnitten wegen der Dünne der Lamellen oft nur dann zu sehen, wenn man die Schnitte hauchdünn herstellt; am besten unterscheiden sich die Anorthoklase von den Orthoklasen in Schnitten senkrecht zu P und M. Auch auf diesen gehen stark verzwillingte Stellen anscheinend ohne Grenze in lamellenfreie Stellen über. — Auf M tritt, wie bei allen Feldspathen, die positive Bissectrix aus und zwar mit geringer Schiefe; sie halbirt den stumpfen Axenwinkel; die negative, spitze Bissectrix tritt annähernd senkrecht auf y aus. Um diese ist die Dispersion deutlich horizontal und $\varrho > v$. $2E_{na}$ schwankt von 71° 40′ bis 88° 27′.

Die kalkarmen Anorthoklase der Laven von Pantelleria zeigen nach H. Förstner* grosse Variabilität ihres optischen Charakters bei Erwärmung. Bei Temperaturen, welche zwischen 86° und 264° C. liegen, werden sie monosymmetrisch, nehmen aber bei sinkender Temperatur wieder die trikline Orientirung der optischen Constanten an. Die kalkreicheren Anorthoklase lassen sich durch Erhitzung nicht in einen monosymmetrischen optischen Zustand überführen. Dagegen zeigen alle Anorthoklase bei hinreichender Erhitzung vorübergehende oder auch dauernde Veränderungen in der Zwillingslamellirung und geringe Veränderungen im Axenwinkel. Die sehr feinen Lamellen des ursprünglichen Zustands sammeln sich zu breitern; die Auslöschungsschiefen ändern sich in gewissen Fällen.

Die Anorthoklase kennt man bisher aus den Augitsyeniten Südnorwegens, und vielleicht aus ihren porphyrischen Aequivalenten, sowie aus kieselsäurereichen Gesteinen der Amphibol- und Augitandesite. Eine Betrachtung der Bauschanalysen lässt vermuthen,

* Ueber künstliche physikalische Veränderungen der Feldspäthe von Pantelleria. Z. X. 1884. IX. 333.

dass sie in Bostoniten, Tinguäiten, Phonolithen, Trachyten und Lipariten, sowie in Daciten verbreitet sein werden.

Zu den Anorthoklasen wird man wohl auch sanidinähnliche Feldspathe des Kilimandjarogebietes rechnen müssen, die von Miers (Min. Mag. 1887. VII. 11 u. 133) beschrieben und analysirt wurden. Ihre Formenentwicklung und die Zwillingsbildung nach dem Karlsbader Gesetz mit $\infty P\infty$ (100) als ungefährer Verwachsungsebene erinnert an die Feldspathe der Rhombenporphyre. Zwillingslamellirung war in Schnitten nach P (001) und M (010) nicht zu sehen, wohl aber auf Schnitten senkrecht zu P und M. Auf P war die Auslöschungsschiefe nicht deutlich zu constatiren (in the two halves nearly the same, namely, parallel and perpendicular to b = M); auf M betrug sie $+4^{0}20'$. Die spitze Bissectrix war negativ. $2E = 102^{0}$, $2H_a = 64^{0}$, $2H_0 = 129^{0}30'$, daraus $2V = 60^{0}44'$ und $\beta_{na} = 1.5373$. Die Beschreibung der Zwillingslamellirung in einem zu P und M senkrechten Schliffe ergiebt den mikroklinartigen Charakter derselben. Die Zusammensetzung wurde gefunden als $An_1 : Or_{1.88} Ab_{4.22}$.

J. S. Hyland (Geol. Mag. 1889. (3.) VI. 160) beschreibt einen hiermit übereinstimmenden Feldspath von der südlichen und südöstlichen Flanke der Kibospitze des Kilimandjaro aus Nephelin- und Leucitbasaniten. Der Spaltwinkel P : M = 90° 3′ (Miers 90° im Mittel mit Abweichungen bis zu 16′). Die Krystalle bestanden aus einem centralen Karlsbader Zwilling mit äusserer Schale ohne Zwillingsbildung. In sehr dünnen Schliffen senkrecht zu P und M war am deutlichsten kreuzförmige Zwillingslamellirung erkennbar wie bei Mikroklin, mit Maximalauslöschungsschiefen von 8°—11°, während andere Lamellen anscheinend parallel auslöschten. Sp. G. = 2.63 durch Schweben in Scheideflüssigkeiten und mit Westphal'scher Wage bei 18° C. Chemische Zusammensetzung: $An_1 Or_{2.1} Ab_4$.

O. Mügge (L. J. 1886. B.-B. IV. 591) beschreibt ebenfalls einen wohl zu den Anorthoklasen gehörigen Feldspath als Natronmikroklin aus Akmit-Trachyten der Gegend des Kiwascha-Sees im Massai-Lande.

2. Anhang. Einen sehr merkwürdigen Feldspath beschrieb Fouqué* von Quatro Ribeiras auf Terceira. Derselbe hat die Zusammensetzung eines etwas Ca O- und K_2 O-haltigen Albits, besitzt aber Winkelverhältnisse, die denen des Mikroklin sehr nahe stehen, ist sehr fein lamellar verzwillingt und hat das specifische Gewicht

* Feldspath triclinique de Quatro Ribeiras (Ile de Terceira). Bull. Soc. min. Fr. 1884. VI. 197.

2.593. Die Auslöschungsschiefe auf P ist 1° 30′, auf M +9° bis +9° 30′. Fast senkrecht auf M steht eine positive Bissectrix, die den stumpfen Axenwinkel halbirt. Um die fast senkrecht auf y austretende negative Bissectrix ist die Dispersion deutlich horizontal und $\varrho > v$. $2E = 65° 40'$ bis 75°. Die Brechungsexponenten sind $\alpha_{na} = 1.5234$, $\beta_{na} = 1.5294$, $\gamma_{na} = 1.5305$. — Temperaturveränderungen bis auf 200° C. sind wirkungslos.

Disthen.

Literatur.

M. Bauer, Beiträge zur Kenntniss der krystallographischen Verhältnisse des Cyanits. Z. D. G. G. 1878. XXX. 283—326; 1879. XXXI. 244—254. 1880. XXXII. 717—728.

Fr. Becke, Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. T. M. P. M. 1882. IV. 225—231.

E. Cohen, Ueber einen Eklogit, welcher als Einschluss in den Diamantgruben von Jagersfontein, Orange-Freistaat, Süd-Afrika, vorkommt. L. J. 1879. 864—870.

G. vom Rath, Ein Beitrag zur Kenntniss der Krystallisation des Cyanit. Z. X. 1879. III. 1—12; 1881. V. 17—23.

E. R. Ries, Untersuchungen über die Zusammensetzung des Eklogits. T. M. P. M. 1878. I. 195—198.

Wl. Vernadsky, Note sur l'influence de la haute température sur le disthène. Bull. Soc. min. Fr. 1889. XII. 447.

Der Disthen tritt in den Gesteinen theils als Krystall, theils als stengliges Krystalloid und in meistens parallel, nicht selten auch in gewunden stengligen Aggregaten auf. Die Krystalle sind nur in der Prismenzone gut krystallographisch begrenzt und nach der Prismenaxe lang gestreckt; terminale Flächen sind zwar nicht gerade sehr selten, aber doch meistens so uneben und gebogen, dass sie keine messbaren Kanten geben. Die Durchschnitte nach der Prismenzone sind daher leistenförmig mit rundlichen, zackigen oder ganz unregelmässigen Enden, senkrecht dazu sechsseitig mit einer gross, und zwei nur klein ausgebildeten Kanten, oder rundlich. Durch Verkümmerung eines Flächenpaares werden die basalen Schnitte auch geschoben rhombisch. Die herrschenden Flächen sind $M = \infty P\bar{\infty}$ (100), $T = \infty P\breve{\infty}$ (010), $l = \infty P'$, (110), $o = \infty,'P$ (1$\bar{1}$0), $P = oP$ (001), $k = \infty P,'2$ (210). Die wichtigsten Winkel sind $M : T = 106° 4'$, $M : l = 145° 13'$, $M : o = 131° 42'$, $P : M = 101° 30'$. $P : T = 105° 4'$ nach G. vom Rath's Rechnung. — Zwillinge sind sehr häufig und vollziehen sich nach folgenden Gesetzen: 1) Zwillingsaxe die Normale zu M. Die Flächen P und T bilden ein- und

ausspringende Winkel; — das bei weitem häufigste Gesetz, oft mit polysynthetischer Wiederholung. 2) Zwillingsaxe die in der Fläche M liegende Normale zur Kante M : T, Zusammensetzungsfläche M. Die Flächen T bilden einspringende Winkel; — 3) Zwillingsaxe die Kante M : T, Zusammensetzungsfläche M. Die Flächen P bilden einspringende Winkel; 4) Zwillingsaxe die Normale zu P, gewöhnlich vielfach wiederholt und wie Bauer darthat, eine Druckzwillingsbildung. — Staurolithartige Durchkreuzungszwillinge nach einer Fläche (2$\bar{1}$2) sind bei den kleineren Krystallen der Paragonitschiefer nicht eben selten; ihre Vertikalaxen schneiden sich unter etwa 60°.

Die Spaltbarkeit des Disthen nach M ist sehr vollkommen und liefert scharfe Spaltrisse, die allerdings in dickeren Präparaten oft nicht den ganzen Durchschnitt durchsetzen. Weniger deutlich sind die Blätterdurchgänge nach T mikroskopisch wahrnehmbar; die ihr entsprechenden Risse sind kürzer und rauher, springen oft ab und erscheinen spärlicher. Die Theilbarkeit nach P entspricht einer Gleitfläche, wie M. Bauer zeigte. Das drückt sich gut mikroskopisch dadurch aus, dass die parallel P verlaufenden Risse nicht allenthalben gleich breit sind, sondern oft von der Peripherie des Krystalls nach dem Innern zu sich mehr und mehr verschmälern, auch wohl etwas gebogen oder ausgefasert im Innern endigen. Sie liegen ferner gern gruppenweise zusammen gedrängt und oft recht deutlich bemerkt man, dass an ihnen die Theile des Krystalls gegen einander verschoben sind. Längsschnitte zeigen dann also mehr oder weniger scharfe Risse parallel der Längsrichtung und kluftartige Spalten, die quer dagegen verlaufen; Querschnitte geben nur sehr deutliche Spaltrisse parallel der längsten Kante oder daneben solche nach einer der kürzeren Kanten.

Der Cyanit wird farblos durchsichtig; manche Varietäten sind jedoch blau, auch wohl grünlichblau pigmentirt. Das Pigment ist dann fast stets recht ungleichmässig vertheilt. Durch kohlige Partikel können auch die Krystalle fast undurchsichtig werden. Das Brechungsvermögen ist hoch (Des Cloizeaux bestimmte $\beta_\varrho = 1.720$) und daher die Oberfläche deutlich runzlig, die randliche Totalreflexion stark. Die Doppelbrechung ist nach der Höhe der Interferenzfarben eine nicht bedeutende, grösser als bei Andalusit, aber weit kleiner als bei Sillimanit.

Die Ebene der optischen Axen steht fast senkrecht auf der Hauptspaltfläche M, aber die Axen selbst treten gewöhnlich nicht in Luft, wohl aber schon in Wasser aus. Nach Beobachtungen und

Messungen von E. Wülfing bildet die bei richtiger krystallographischer Stellung des Blättchens oben links austretende Axe (Fig. 235) den kleineren Winkel mit der Plattennormale, welche in Wasser von 22°—24° C. etwa 1° 3′ bis 1° 33′ gegen die Ebene der optischen Axen geneigt ist. Daraus folgt mit Hülfe der Brechungsexponenten für Wasser (1.3327) und γ des Disthen = 1.7290 eine Neigung des optischen Hauptschnittes gegen die Normale auf M von 0° 40′ ± 14′. Die Neigungen der Axen gegen die auf dem optischen Hauptschnitt und auf M senkrechte Ebene wurden gemessen zu

55° 50′ ± 9′ für Li 55° 49′ ± 10′ für Na 55° 48′ ± 5′ für Tl

an der oben links austretenden Axe,

60° 35′ ± 5′ für Li 60° 34′ ± 6′ für Na 60° 32′ ± 1′ für Tl

an der andern Axe.

Mit $\beta_{na} = 1.7222$ erhält man hieraus für die erste Axe den wahren Winkel im Mineral zu 39° 48′ ± 8′, für die zweite 42° 22′ ± 5′, also $2V_{na} = 82° 10′ \pm 13′$ und die Neigung der negativen spitzen Bissectrix gegen die auf M und die optische Axenebene senkrechte Ebene zu 1° 17′ nach rechts unten. — Die Auslöschungsschiefe auf M gegen die Kante M : T wurde zu 29° 16′ ± 5′ für Na gefunden. Da diese Richtung mit der Trace der Axenebene auf M ohne erheblichen Fehler zusammenfällt, so weicht a von der Normalen auf M nach unten um 1° 16′ ab, während die Abweichung nach rechts oder links höchstens 5′ beträgt. Die Dispersion ist sehr schwach $v < \varrho$, schwach geneigt und zumal bei Parallelstellung deutlich gekreuzt. Der horizontale Balken der linken Axe ist oben gelb, unten blau gesäumt, der der rechten umgekehrt oben blau, unten gelb.

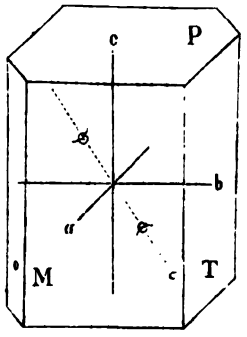


Fig. 235.

Die Auslöschungsschiefe auf T beträgt 7°—8° gegen die Kante T : M; Schnitte nach P löschen ziemlich parallel zu den Spaltrissen nach M aus.

An einem Prisma, dessen eine Fläche parallel M lag, fand Wülfing bei senkrechter Incidenz

$\beta = 1.7222 \pm 0.0002$
$\gamma = 1.7290 \pm 0.0003$. Aus γ, β und V wurde berechnet
$\alpha = 1.7171$.

Daraus

$\gamma - \alpha = 0.0119$, $\gamma - \beta = 0.0068$, $\beta - \alpha = 0.0051$.

Zur Controle wurde von ihm vermittelst des Babinet'schen Compensators direct bestimmt $\gamma - \beta = 0.00670$, 0.00679, 0.00680 und 0.00691 an drei verschiedenen Blättchen.

Der Axenwinkel wird in einigen Vorkommnissen merklich kleiner, so bei dem Disthen von Litchfield. — Zwillinge nach dem Gesetz: Zwillingsaxe die Normale auf M können im polarisirten Lichte nicht erkannt werden, da die Axenebene in beiden Individuen gleich liegt. Solche nach den übrigen Gesetzen, bei welchen M die Verwachsungsebene ist, geben zur Zwillingsgrenze symmetrische Auslöschungen, deren Differenz bis zu 60° steigen kann. Die Zwillingsgrenze geht in Schnitten der Zone M : T und M : P parallel der Spaltung nach M, kann diese Spaltrisse aber in schiefen Schnitten unter bedeutenden Winkeln schneiden.

Der Pleochroismus ist nur bei den deutlich gefärbten Varietäten wahrnehmbar, die Farben wechseln zwischen bläulich und farblos, am stärksten auf Schnitten nach T. Der Pleochroismus verschwindet ebenso wie die Färbung durch Glühen.

Der Disthen ist meistens einschlussfrei; selten finden sich Biotitblättchen oder solche von farblosem Glimmer und solche von Eisenglanz, Quarzkörnchen, Turmalin- und Rutilsäulchen, noch seltener Flüssigkeitseinschlüsse eingebettet. Die Anordnung der Interpositionen pflegt regellos zu sein; nur die Glimmerblättchen liegen gern auf der Hauptspaltfläche M.

Specifisches Gewicht 3.5—3.7 und Unangreifbarkeit durch Säuren erleichtern die Isolation aus den Gesteinen in hohem Grade. Chemische Zusammensetzung und Reactionen wie bei Andalusit. Eigentliche Zersetzung ist sehr selten wahrnehmbar; es scheinen sich sehr feinblättrige Glimmeraggregate aus dem Disthen zu entwickeln, die dann wohl durch Limonit getrübt erscheinen.

Wl. Vernadski fand, dass der Disthen durch Glühen bei 1200° bis 1330° C. in ein Aggregat überging, welches das sp. G. und die optischen Eigenschaften des Sillimanit hatte.

Der Disthen ist in hohem Grade charakteristisch für die krystallinen Schiefer, Gneisse, Granulite, Paragonit- und Muscovitschiefer und Eklogite. Granat ist sein fast constanter Begleiter.

Axinit.

Wo der Axinit in den Gesteinen auftritt, bildet er zumeist regellose Körner, die nur selten gegen andere Mineralien sich krystallographisch mit den bekannten beilförmigen Gestalten abschliessen.

— Die Blätterdurchgänge, welche die scharfen Kanten der Flächen P (1$\bar{1}$0) und u (110) und P (1$\bar{1}$0) und r (1$\bar{1}$1) abstumpfen, sind nur unvollkommen durch Spaltrisse in den Durchschnitten ausgedrückt.

Im durchfallenden Lichte farblos bis sehr matt gelblich, blassgraubraun oder violett. Brechungsvermögen hoch und Doppelbrechung nicht stark. Des Cloizeaux bestimmte $\alpha_\varrho = 1.6720$, $\beta_\varrho = 1.6779$, $\gamma_\varrho = 1.6810$, $\alpha_v = 1.6850$, $\beta_v = 1.6918$, $\gamma_v = 1.6954$. Die Bissectrix steht senkrecht auf x (111). Der Axenwinkel ist gross, so dass die Axen in Schnitten senkrecht zur Bissectrix nicht in Luft austreten. $2V_\varrho = 71^\circ 38'$ bis $74^\circ 17'$, $2V_v = 71^\circ 49'$ bis $74^\circ 39'$. Charakter der Doppelbrechung negativ; geneigte und horizontale Dispersion sehr deutlich.

Der Pleochroismus a = blassolivengrün bis farblos, b = dunkelviolblau, c = zimmetbraun ist im Dünnschliffe kaum oder gar nicht wahrnehmbar.

Sp. G. = 3.3. — Chemische Zusammensetzung nicht genau bekannt, wesentlich ein borhaltiges Kalkalumosilikat. Wird von Säuren nicht angegriffen.

Pflegt ausser den associirten Mineralien, zumal Tremolit und Chlorit, und spärlichen Flüssigkeitseinschlüssen keine Interpositionen zu enthalten.

Der Axinit kommt gelegentlich an der Grenze von Diabasen und Graniten und in deren Contactproducten vor. — Zirkel* beschrieb ein Limurit genanntes Gemenge von Axinit, blassgrünlichem Augit, dunkelgrüner Hornblende, Quarz, Kalkspath, Titanit und Eisenerzen aus dem Thale von Lesponne in den Pyrenäen.

Ainigmatit (Cossyrit).

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 423.

H. Förstner, Ueber Cossyrit, ein Mineral aus den Liparitlaven von Pantelleria. Z. X. 1881. V. 348—362.

Dass der von H. Förstner in den Laven von Pantelleria aufgefundene Cossyrit mit dem von Breithaupt aus grönländischen Eläolithsyeniten beschriebene Ainigmatit identisch sei, wurde von W. C. Brögger erwiesen. Die winzigen Säulchen des Cossyrit (höchstens 1.5 mm lang, 0.5 mm breit) und die bis zu mehreren Zollen langen Krystalle des Ainigmatit haben gleichen Habitus und gleiche

* F. Zirkel, Limurit aus der Vallée de Lesponne. L. J. 1879. 379.

Winkel. Der Habitus ist hornblendeartig; die stets herrschende Prismenzone hat hexagonalen Durchschnitt mit folgenden Winkeln:

	Ainigmatit	Cossyrit
010 : 110	123° 15′	123° 22′
010 : $\bar{1}$10	122° 51′ 30″	122° 54′
110 : 1$\bar{1}$0	113° 56′	114° 5′

Die Prismenflächen herrschen; selten tritt das Makropinakoid und ein Brachyprisma $\infty\breve{P}3$ (130) hinzu. Terminal finden sich neben der Grundpyramide P, (11$\bar{1}$) und ‚P (1$\bar{1}\bar{1}$) Brachypyramiden und das Brachydoma 2P$\breve{\infty}$ (021). — Zwillingsbildung, nicht selten mit lamellarer Wiederholung, nach $\infty\breve{P}\infty$ (010) ist verbreitet und beweist das trikline System.

Die Spaltung folgt recht vollkommen den beiden Prismenflächen und ihr Winkel 113° 56′ ist der wichtigste geometrische Unterschied von den Amphibolmineralien.

Der Ainigmatit ist bräunlichschwarz und hat rothbraunen Strich. Er wird nur in sehr dünnen Schliffen durchsichtig. Die Ebene der optischen Axen liegt nahezu parallel dem Brachypinakoid und die positive Bissectrix tritt ungefähr im spitzen $\measuredangle \gamma$ (zwischen den Krystallaxen a und b) aus. 2E ist ca. 60°. — Die Auslöschungsschiefe auf $\infty\breve{P}\infty$ (100) ist bei Ainigmatit etwa 3° 46′ gegen die Prismenaxe (3° bei Cossyrit nach Förstner) und geht durch den Quadranten oben rechts; auf $\infty\breve{P}\infty$ (010) ist sie 44° 57′ bei Ainigmatit nach Brögger, 39° nach Förstner bei Cossyrit. — Der Pleochroismus ist äusserst kräftig, Brögger bestimmte ihn übereinstimmend an Ainigmatit und Cossyrit

c braunschwarz, b kastanienbraun, a heller rothbraun.

Sp. G. = 3.852 (Breithaupt), 3.80 (Lorenzen) am Ainigmatit, 3.74—3.75 (Förtsner) bei Cossyrit. Chemische Zusammensetzung des Ainigmatit nach Forsberg (I), des Cossyrit nach Förstner (II)

	I	II
SiO_2	= 37.92	43.55
TiO_2	= 7.57	—
Al_2O_3	= 3.23	4.96
Fe_2O_3	= 5.81	7.97
FeO	= 35.88	32.87
MnO	= 1.00	1.98
CuO	= —	0.39
CaO	= 1.36	2.01
MgO	= 0.33	0.86
Na_2O	= 6.58	5.29
K_2O	= 0.51	0.33
	100.19	100.21

Schmilzt leicht zu braunschwarzem Glase und wird von kochender HCl kräftig angegriffen.

Der Cossyrit bildet einen Gemengtheil der Pantellerite auf der Insel Pantelleria und tritt zusammen mit Augit und Aegirin auf. Der Ainigmatit findet sich in Eläolithsyeniten bei Nangakasik, bei Julianshaab und wird begleitet von Arfvedsonit und Aegirin, mit denen er auch verwächst. W. Ramsay fand ihn im Eläolithsyenit von der Halbinsel Kola und in Spuren trifft man ihn auch an andern Fundorten dieser Gesteinsreihe.

Hjortdahlit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 367.

Der Hjortdahlit wurde von Brögger in einem Eläolithsyenitgang der Insel Midtre Arö im Langesund entdeckt und beschrieben.

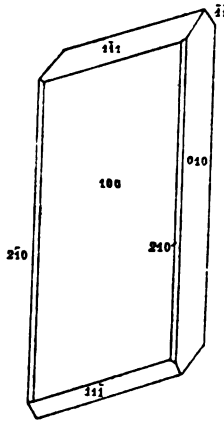


Fig. 236.

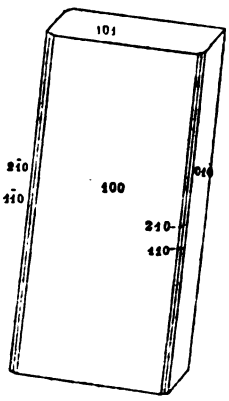


Fig. 237.

Er bildet linealförmige Krystalle (Fig. 236 u. 237) von 5—10 mm (im Maximum 20 mm) Länge nach c, 2—3 mm (im Maximum 10 mm) Breite nach b und 1—2 mm Dicke nach a. Doch sind die linealtörmigen Kryställchen oft hauchdünn. Die Winkel sind: $1\bar{1}0 : 100 = 135^\circ 0' 30''$, $110 : 100 = 135^\circ 6'$, $0\bar{1}0 : 100 = 89^\circ 54' 30''$, $2\bar{1}0 : 100 = 153^\circ 27'$, $210 : 100 = 153^\circ 34'$, $1\bar{1}1 : 100 = 108^\circ 48'$, $101 : 100 = 109^\circ 56'$. Die Krystallform zeigt also nahe Verwandtschaft mit [illegible]hlerit. Die Basis fällt nach dieser Aufstellung nach vorn links, [illegible]mt aber als Krystallfläche nicht vor. — Obgleich keine ein-

springenden Winkel wahrnehmbar sind, erweisen sich die Täfelchen stets als polysynthetische Zwillinge nach dem Gesetz: Zwillingsaxe die Vertikalaxe, Verwachsungsebene $\infty P\infty$ (100).

Der Hjortdahlit ist sehr spröde und rissig. Spaltbarkeit wenig wahrnehmbar auf 100 nach zwei symmetrisch zu c liegenden, sich etwa senkrecht schneidenden Richtungen, und noch unvollkommener nach (0$\bar{1}$0).

Auf Krystallflächen Glasglanz, auf Bruchflächen Fettglanz. — Farbe strohgelb, weingelb, schwefelgelb bis honiggelb, selten gelblichbraun.

Schliffe nach (100) zeigen breitere und schmälere Zwillingslamellen, geradlinig und parallel zur c-Axe aneinander grenzend mit einer Auslöschungsschiefe von etwa 25° gegen c beiderseits; solche nach (010) zeigen schmälere Lamellen in gleicher Richtung und Begrenzung mit einer Auslöschungsschiefe von etwa beiderseits $15\frac{1}{2}$° gegen c. — Ebenso zeigen Schnitte nach (001) Zwillingslamellirung parallel der Trace von (100) und löschen gegen diese mit 2° Schiefe nach beiden Seiten aus. In diesen Schnitten kreuzen sich z. Th. auch die Zwillingslamellen.

Der Hjortdahlit ist optisch positiv. Die spitze Bissectrix tritt schief auf (100) im Oktanten o l v, die stumpfe schief auf (010) aus. Die der Axenebene entsprechende Schwingungsrichtung bildet auf (100) mit der Vertikalaxe etwa 65°, auf (010) mit derselben Richtung etwa $74\frac{1}{2}$°. Daher entspricht die der Vertikalaxe nächstgelegene Schwingungsrichtung der optischen Normalen b. Diese tritt im Oktanten o l h aus. Die Ebene der optischen Axen weicht darnach nur einige Grade von der Fläche (1$\bar{1}$1) ab. — Der Axenwinkel ist gross.

Das Brechungsvermögen ist beträchtlich, etwa um 1.68—1.71 betragend, die Doppelbrechung nicht stark, $\gamma - \alpha$ etwa 0.012.

Der Pleochroismus ist schwach, c weingelb, b gelblichweiss, a fast farblos; $c > b > a$.

Sp. G. = 3.267. — Chemische Zusammensetzung nach Cleve:

SiO_2	= 31.60	Uebertrag	89.35
TiO_2	= 1.50	MgO	= 0.10
ZrO_2	= 21.48	Na_2O	= 6.53
Fe_2O_3	= 0.34	H_2O	= 0.58
FeO	= 0.94	Fl	= 5.83
MnO	= 0.96		102.39
CaO	= 32.53	— O	2.43
	89.35		99 96

Der Hjortdahlit gelatinirt leicht mit Salzsäure und schmilzt vor dem Löthrohr leicht zu einem gelblichweissen Email.

Bisher nur an dem durch Brögger entdeckten Fundorte bekannt.

Homogene Aggregate.

Die doppelbrechenden Aggregate sind unter dem Mikroskop bei hinreichender Feinheit des Kornes dadurch charakterisirt, dass ihre Durchschnitte zwischen gekreuzten Nicols bei keiner Stellung dunkel werden. Es liegen eben die verschiedenen, das Aggregat bildenden Substanzen derart neben-, durch- und übereinander, dass ihre Hauptschnitte nicht zusammenfallen. Somit treten die Erscheinungen ein, welche S. 142 behandelt wurden. — Die Art der Farbenvertheilung in den Aggregaten zwischen gekreuzten Nicols giebt gewöhnlich Aufschluss über die Structur des Aggregats, indem einer körnigen, fasrigen oder blättrigen Aggregatstructur ein punktartiger, streifiger oder fleckiger Farbenwechsel entspricht.

Serpentin.

Literatur.

R. Brauns, Studien über den Paläopikrit von Amelose und dessen Umwandlungsprodukte. L. J. 1887. B.-B. V. 275.

— Mineralien und Gesteine aus dem hessischen Hinterlande. Z. D. G. G. 1888. XL. 466.

R. von Drasche, Ueber Serpentin und serpentinähnliche Gesteine. T. M. M. 1871. 1.

Fr. Eichstädt, Mikroskopisk undersökning af olivinstenar och serpentiner från Norrland. G. F. i Stockh. Förhdl. 1884. VII. 333.

G. Friedel, Sur une serpentine de Brewster, N. Y. Bull. Soc. min. Fr. 1891. XIV. 120.

Eug. Hussak, Ueber einige alpine Serpentine. T. M. P. M. 1882. V. 61—81.

A. Schrauff, Beiträge zur Kenntniss des Associationskreises der Magnesia-Silikate. Z. X. 1882. VI. 321.

G. Tschermak, Ueber Serpentinbildung. S. W. A. 1867. Juliheft. LVI.

— Die Chloritgruppe. S. W. A. Math.-naturw. Classe. Abth. I. XCIX. April 1890 u. C. Febr. 1891.

M. Websky, Ueber die Krystallstructur des Serpentins und einiger demselben zuzurechnenden Fossilien. Z. D. G. G. 1856. X. 277.

Br. Weigand, Die Serpentine der Vogesen. T. M. M. 1875. 183—206.

F. J. Wiik, Mineralogiska och petrografiska meddelanden. Finska. Vet. Soc. Förhandl. Helsingfors. 1875.

Der Serpentin bildet stets mehr oder weniger feinstruirte Aggregate, deren Individuen entweder fasrig bis dünnstenglig, oder aber blättrig sind, so dass man Faserserpentine und Blätterserpentine unterscheiden kann.

In den Faserserpentinen ist die Anordnung der Fasern bald eine parallele, wie beim Chrysotil, bald eine mehr oder weniger schwach divergente, wie beim Metaxit, dessen Fasern überdiess nicht biegsam sind, wie beim Chrysotil, sondern starr, bald eine deutlich rädiale, wie beim Pikrolith, dessen Aggregate I. Ordnung indessen gewöhnlich nicht Kugelform haben, sondern makroskopisch dicht, mikroskopisch aber als Rotationsellipsoide (mit nur einem Kreisschnitt) erscheinen. Diese drei Structurtypen, für welche man kurz die Bezeichnung Chrysotilserpentine, Metaxitserpentine und Pikrolithserpentine gebrauchen kann, treten oft in einem und demselben Serpentin auf und sind durch zahlreiche Zwischenformen mit einander verbunden.

An Querschnitten der Faserserpentine beobachtete R. Brauns eine Spaltbarkeit nach einem Prisma von etwa 130° von hornblendeartiger Vollkommenheit.

Das Brechungsvermögen der Faserserpentine ist das des Canadabalsams = 1.54. Ihre Doppelbrechung ist $\gamma - \alpha = 0.013$. Die Auslöschung folgt genau der Faseraxe, welche die Axe der kleinsten Elasticität ist und den spitzen Axenwinkel halbirt; die Axenebene liegt parallel der langen Diagonale der prismatischen Spaltbarkeit. Darnach ist der Chrysotil rhombisch und hat das Schema c = c, b = a, a = b. — Der Axenwinkel $2E_a$ schwankt in ziemlich weiten Grenzen, wohl mit dem Fe-Gehalt. E. Reusch (Pogg. Ann. 1866. CXXVII. 166) fand ihn am Chrysotil von Reichenstein in Schlesien = 16° 30′, Brauns am Chrysotil von Amelose = 50° ca. — Durch Compensation kann in den fasrigen Aggregaten die Doppelbrechung sehr, bis auf 0, herabgedrückt werden.

Die Blätterserpentine werden repräsentirt durch den Antigorit. Die Blätter sind meistens parallel übereinander gelagert, seltener verworren durcheinander gewoben oder sie kreuzen sich angenähert senkrecht in zwei Hauptrichtungen (Taf. XXIV Fig. 6). Die einzelnen Blätter und Schuppen zeigen keine randliche krystallographische Begrenzung. Auf denselben steht die negative Bissectrix eines kleinen Axenwinkels von wechselnder Grösse (es wurde an verschiedenen Vorkommnissen gemessen 21°—57°) senkrecht. Tschermak giebt $2E_a$ schwankend von 16°—98° mit

$\varrho > v$. Sind daher Blätterserpentine und Faserserpentine derselben Species zuzurechnen, so entspricht die Blattfläche der krystallographischen Fläche (010) $\infty P\bar{\infty}$. Aber dann bleibt der verschiedene optische Charakter schwer zu erklären. Den Blätterserpentinen entspricht optisch der Bastit (S. 460). Das Brechungsvermögen ist anscheinend dasselbe, die Doppelbrechung etwas schwächer. A. Michel-Lévy und Lacroix geben $\gamma = 1.571$, $\beta = 1.570$, $\alpha = 1.565$ für Antigorit aus dem Wallis.

Dasjenige Mineral, aus welchem der Serpentin am häufigsten hervorgeht, ist der Olivin. S. 472 ist diese Umwandlung in ihrem Beginn, sowie die dadurch bedingte Entwicklung einer eigenthümlichen Maschenstructur geschildert. Wo nun der Serpentin in recht typischer Weise ausgebildet ist, da kann man oft sehr deutlich dreierlei Formen unterscheiden. Zuerst bemerkt man, die ganze Maschenstructur eigentlich bedingend, dunkle Adern und Bänder (Taf. XXIV Fig. 4) einer tiefgefärbten, oft lauchgrünen und bläulichgrünen Serpentinsubstanz, welche durch ausgeschiedene Metalloxyde fast undurchsichtig zu sein pflegt. Diese Bänder behalten gewöhnlich auf weitere Entfernung hin die gleiche Richtung und entsprechen offenbar den ersten Rissen und Spalten im Olivin, von wo der ganze Process begann. Man kann an denselben bisweilen eine lagenartige Ausbildung wahrnehmen, wobei jede der parallelen Lagen querfasrig ist. Gewissermassen in den einzelnen Maschen des grossen Netzes ein kleineres Netz bildend, sieht man meistens gewundene, in sich selbst zurücklaufende und sich gegenseitig manchfach kreuzende, grasgrüne Serpentinadern, welche bei stärkeren Vergrösserungen zumal im polarisirten Lichte eine zur Längsrichtung der Adern rechtwinklige Faserstructur zeigen, wie der Chrysotil; diese Bänder führen keine ausgeschiedenen Metalloxyde. Ebensowenig begegnet man denselben in der oft gelbgrünlichen Serpentinsubstanz, welche die Maschen des kleinen Netzes ausfüllt und offenbar den zuletzt umgewandelten Olivinkörnchen entspricht. Hier pflegt die Structur sehr feinschuppig bis blättrig mit rosettenförmiger Anordnung zu sein, oder sie wird pikrolithisch. — Eine durch den ganzen Olivin parallele Anordnung von Serpentinfasern, welche nur von den Aussenflächen des Krystalls her gewachsen waren, beobachtete Brauns in dem kalkreichen Olivin des Palaeopikrit von Amelose. Dabei war der Krystall von einem Netz von Chrysotilfasern aussen umwoben, die parallel der Umgrenzung geordnet waren.

Brauns giebt an, dass im Palaeopikrit von Bottenhorn im hessischen Hinterlande zwischen dem frischen Olivin und seiner Umwandlung zu Chrysotilserpentin zeitlich ein Stadium liege, wo die neugebildete Substanz stark pleochroitisch zwischen blaugrünen und gelben Farbentönen war. Er nennt diese unbeständige Substanz Villarsit, mit welchem Namen man früher einen in Umwandlung begriffenen Olivin belegt hatte. Der angegebene Pleochroismus ist derjenige der Chlorite. Sollte hier wirklich eine zeitliche Folge und nicht ein Nebeneinandervorkommen anzunehmen sein?

Dass der Olivin sich auch in Blätterserpentin umwandeln könne, wurde von Fr. Eichstädt an Olivinfelsen und Serpentinen des schwedischen Norrland nachgewiesen.

Ein häufiges Nebenproduct bei der Umwandlung des Olivin in Serpentin ist Tremolit und Aktinolith, seltener Talk. — Götz (L. J. 1885. B.-B. IV. 169) giebt an, dass er nach Fortätzung der Metalloxyde in einem Serpentin vom Mt. Maré im Transvaal Muscovit darunter versteckt fand. Sollte da nicht vielleicht an Talk oder Tremolit zu denken sein?

Bei der zuerst von Weigand beschriebenen Umwandlung der Hornblende und des Strahlsteins in Serpentin treten die Blätterdurchgänge der Amphibole und ihre Querabsonderung bei der Anordnung der Serpentinfasern deutlich hervor. Parallelfasrige Serpentinaggregate stehen senkrecht auf den Spaltflächen der Hornblende, während die innerhalb solcher Spaltrisse liegenden Felder verworren fasrig sind. Zwischen gekreuzten Nicols heben sich nun die parallelfasrigen Schnüre, bald neben einander parallel verlaufend, bald sich unter 124°—125° schneidend oder rhombische Figuren mit andern Winkeln und Rechtecke bildend, lebhaft farbig von dem dunklen Grunde der verworren fasrigen Felder ab. Es entsteht auf diese Weise eine in hohem Grade charakteristische Structur, welche Weigand als Gitter- oder Fensterstructur bezeichnet (Taf. XXIV Fig. 5).

Alle Serpentine sind grünlich, blaugrünlich oder gelbbraun, oft fast farblos, selten rostroth durchsichtig. Sie enthalten oft die Interpositionen der Muttermineralien, sowie unveränderte Reste dieser, die dann noch sicherer als die Structur die Abstammung erkennen lassen. Sie sind nicht selten durchtränkt von Opal und fein durchsprenkelt von Carbonaten; ja Opal, Chalcedon und Quarz bilden im Kleinen und Grossen förmliche Verdrängungspseudomor-

phosen nach Serpentin, in denen dann gleichfalls Carbonate gern vorkommen. Vielleicht hängt hiermit eine gelegentlich hohe, aber nur mikroskopische Porosität zusammen, derzufolge die Serpentine im Dünnschliff trübe und undurchsichtig erscheinen. Durch Befeuchten mit Wasser oder heissem Canadabalsam treibt man die Luft aus und erhält dann durchsichtige Präparate. R. Brauns beschreibt diese Eigenschaften eingehend am Pikrolith von Amelose.

Ueber die verschiedenen Varietäten der Serpentine, wie Metaxit, Pikrolith, Marmolith, Retinalith, Jenkinsit, Vorhauserit, Pikrosmin, Schweitzerit u. A. machten Websky (l. c.), Wiik (l. c.), Des Cloizeaux, v. Drasche (T. M. M. 1871. 57), Fischer (Kritische. mikroskopisch-mineralogische Studien. 1. Fortsetzung. Freiburg i. B. 1871. 31. 47) und R. Brauns (l. c.) Mittheilungen.

Spec. Gew. = 2.5—2.7. — Chemische Zusammensetzung = $H_4(Mg, Fe)_3 Si_2 O_9$. Salzsäure greift, zumal bei hoher Temperatur. den Serpentin unter Abscheidung gelatinöser Kieselsäure ziemlich stark an. Schwefelsäure wirkt kräftiger als Salzsäure.

Die Neubildung des amorphen Webskyit bei Serpentinisirungsvorgängen beschreibt Brauns von Amelose und von Bottenhorn. Dieser ist chemisch $H_2(Mg, Fe) Si O_4 + 2 aq$. Sollte es sich ähnlich mit dem amorphen Serpentin Friedel's von der Tilly Foster Mine bei Brewster in New York verhalten?

Delessit.

Der Delessit bildet Aggregate von meist divergentfasriger Structur, die zu sehr vollkommenen Sphärokrystallen werden können. Wo er Mandelräume ausfüllt, ist der Delessit nach der Gesteinsgrenze zu lagenartig bis bandartig gebaut, wobei aber jede Lage aus Fasern besteht, die zu der Gesteinsgrenze senkrecht stehen. Die einzelnen Lagen entsprechen wohl ebenso vielen Intermittenzen im Wachsthum.

Der Delessit wird mit grünen oder gelbbraunen Farben durchsichtig. Brechungsvermögen und Doppelbrechung gering. Auslöschung anscheinend parallel und senkrecht zu der Faseraxe. welche Axe kleinster Elasticität ist. — Pleochroismus von wechselnder Intensität; die parallel der Faseraxe schwingenden Strahlen sind grünlich, die dazu senkrecht oscillirenden gelblich, grünlich weiss bis fast farblos.

Spec. Gew. = 2.5—2.6. — Chemische Zusammensetzung nicht genau bekannt, ein wasserhaltiges Alumosilikat von Eisen und

Magnesia. Wird von Säuren leicht unter Ausscheidung gelatinöser Kieselsäure zersetzt; durch Glühen wird er opak braunschwarz bis schwarz.

Der Delessit bildet Pseudomorphosen nach Pyroxen- und Amphibolmineralien, oder er füllt, dann gern in Verein mit Carbonaten und Epidot, Mandelräume basischer Silikatgesteine aus. — Grengesit ist nach Structur und physikalischem Verhalten ident mit Delessit.

Kaolin.

Literatur.

Allan Dick, On Kaolinite. Min. Mag. 1888. VIII. 15.

A. Knop, Beiträge zur Kenntniss der Steinkohlenformation und des Rothliegenden im Erzgebirgischen Bassin. L. J. 1859. 593—594.

H. H. Reusch, Krystallisirter Kaolin von Denver in Colorado. L. J. 1887. II. 70.

E. E. Schmid, Die Kaoline des thüringischen Buntsandsteins. Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 87—111.

Der Kaolin bildet lockere, erdige Aggregate, die aus der Zersetzung von Feldspath, Eläolith, Skapolith und andern Mineralien entstehen. Isolirt und durch Schlämmen gelockert lassen diese Aggregate sich als Anhäufungen von unendlich feinen, unregelmässig begrenzten, seltener hexagonalen oder rhombischen, durchaus muscovitähnlichen Blättchen erkennen, welche vollkommen farblos sind. An den als Nakrit oder Pholerit genannten grösserblättrigen Varietäten waren diese Formen lange bekannt.

Mieks und Dick bestimmten an einem Vorkommniss von Anglesey die Formen $c = (001)\ 0P$, $m = (110)\ \infty P$, $n = (\bar{1}11)\ +P$, $b = (010)\ \infty P\bar{\infty}$ mit $c : b = 90°$, $b : m = 119° 43'$, $b : n = 119° 16'$, $c : m = 95° 55'$, $c : n = 101° 52'$ und monokline Krystallisation. Die Blättchen schachteln sich parallel übereinander zu sich verjüngenden Pyramiden von hemimorphem Habitus, dadurch dass die Blättchen immer kleiner werden. Sie ordnen sich auch wohl zu Rosetten, so dass im Querschnitt scheinbar fasrige Structur auftritt. — Durchkreuzungsdrillinge nach dem Glimmergesetz sind beobachtet worden.

Die Blättchen spalten nach der Basis vollkommen; auf der Spaltfläche (001) 0P beobachtete Reusch eine weitere Spaltbarkeit nach den drei Paaren von randlichen Kanten, entsprechend der Schlagfigur am Muscovit. — H. = 2.5—3.

Die Kaolinblättchen sind farblos durchsichtig; ihr Brechungsvermögen ist das des Canadabalsam = 1.54 sehr genau. Die Dop-

pelbrechung schwach, etwa 0.008. Auf oP (001) tritt die negative, auf $\infty P\bar{\infty}$ (010) die positive Bissectrix aus. Die Axenwinkel sind nicht gemessen worden, aber 2V muss angenähert 90° sein. Auf Blättchen nach oP (001) ist die Doppelbrechung sehr schwach, die Auslöschung liegt parallel und senkrecht zu einem Kantenpaare; die zu oP (001) senkrecht gerichteten Blättchen haben auf (010) $\infty P\bar{\infty}$ nach Dick eine Maximalauslöschungsschiefe von 20° gegen die Trace der Basis, was schon H. Reusch gefunden hatte. Dass dieser die Trace der Axenebene auf oP (001) bis zu 12° schief gegen ein Kantenpaar des Kaolin der National Belle Mine auf dem Red Mountain bei Silveston, San Juan Co., Col., fand, rührt vielleicht davon her, dass die Blättchen nicht flach auflagen. Er musste natürlich aus seiner Beobachtung schliessen, dass Kaolin triklin sei.

Aggregate von Kaolin sind in Folge ihrer lockeren Structur undurchsichtig für Licht. Treibt man die Luft durch Kochen in Wasser oder Canadabalsam aus, so werden sie durchsichtig.

Spec. Gew. = 2.2—2.65. — Chemische Zusammensetzung: $H_4Al_2Si_2O_9$. Interessant für die Genese des Kaolin ist ein kleiner Gehalt von Fluor, den Hillebrand in dem von H. Reusch beschriebenen Kaolin fand; die Association mit Flussspath deutet nach derselben Richtung. — Salzsäure greift Kaolin nicht an, kochende Schwefelsäure löst ihn langsam und schwierig, Flusssäure rasch. — Zur Unterscheidung von dem sehr ähnlichen Muscovit und Hydrargillit dient die schwache Doppelbrechung.

Der Lenzinit oder Lenzin von Call in der Eifel besteht nach K. Haushofer (S. M. A. 1889. XIX. 15) aus Kaolin in rhombischen farblosen Täfelchen, denen in beträchtlicher Menge stäbchen-, nadel- und keulenförmige Gebilde beigemengt sind, welche an Mikroorganismen (Bakterien und Bacillen, seltener Mikrokokken) erinnern. Bei Befeuchtung mit Wasser beginnen diese Gebilde sofort sich lebhaft zu bewegen. Viele derselben sind doppelbrechend und löschen das Licht parallel und senkrecht zu ihrer Längsrichtung aus.

R. N. Brackett und J. Francis Williams (Amer. Journ. 1891. XLII. 11) beschreiben zwei dem Kaolin nahe stehende Substanzen als Newtonit und Rectorit.

Hydrargillit.

Literatur.

W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 16—49.

Ad. Liebrich, Beitrag zur Kenntniss des Bauxits vom Vogelsberg. Inaug.-Diss. Giessen. 1891.

Der in den Gesteinen auftretende Hydrargillit bildet stets höchst feinkörnige Aggregate von blättriger Structur. Die auch mikroskopisch sehr geringe Dimensionen besitzenden Einzelblättchen ordnen sich seltener parallel, als rosettenförmig, fächerartig oder sphärolitisch. Schnitte durch solche Aggregate zeigen daher anscheinend fasrige Structur. Charakteristisch ist es, dass die Aggregate sehr schwach doppelbrechend bis isotrop erscheinen bei blättrigem Habitus, stark doppelbrechend bei fasrigem, dass präcise Auslöschungen kaum je erhalten werden, und dass auch den radialfasrigen Gebilden gute Interferenzkreuze, wie sie sonst auftreten, fehlen.

Das im Gesteinsschliffe allerdings nur höchst selten erkennbare Hydrargillitindividuum ist ein anscheinend hexagonales, in Wirklichkeit monoklines Individuum, begrenzt von einer Tafelfläche oP (001) und der Randfläche ∞P (110) und ∞P∞ (100), sowie einem Doma P∞ ($\bar{1}$01). Die Winkel sind $110 : 1\bar{1}0 = 60^0\,42'$, $001 : 100 = 94^0\,31'$, $001 : \bar{1}01 = 129^0\,10'$, $001 : 110 = 92^0\,17'$. Solche Täfelchen verbinden sich nach mehreren Gesetzen zu Zwillingen, unter denen besonders häufig ein Gesetz ist, bei welchem die Individuen die Fläche oP, sowie zwei parallele ungleichwerthige Zonen-Axen [001 : $\bar{1}$00] und [001 : $\bar{1}$10] gemein haben, also eine Zwillingsbildung, die nahe verwandt ist mit derjenigen von Glimmer. Nach diesem Gesetze lagern sich oft zahlreiche Blättchen über einander. Für die Einzelheiten der schwierigen Krystallverhältnisse des Hydrargillit sei auf Brögger's Darstellung verwiesen. Das Schema giebt Fig. 238, wobei man sich die beinahe 60° um die Normale der Basis gegen einander gedrehten Blättchen mit der Basis aufeinander gelegt denken muss.

Die Spaltung nach oP (001) ist so vollkommen, wie bei Glimmer, die Schlagfigur, welche zuerst von O. Mügge (L. J. 1884. I. 56) studirt wurde, dreistrahlig. Die Strahlen liegen anscheinend senkrecht gegen die Basiskanten. — H. = 2.5.

Der Hydrargillit ist farblos durchsichtig, schwach lichtbrechend, fast isotrop in basalen Schnitten, während diejenigen senkrecht zur

Spaltbreite etwa die starke Doppelbrechung des Brucits oder noch ein wenig mehr haben. Die Axenebene liegt bei einfachen Blättchen in der Symmetrieebene, parallel einem Strahl der Schlagfigur auf oP (Fig. 238), der Winkel 2E schwankt von 0° bis etwa 35° (Slatoust). In Folge der Zwillingsbildung ist die Interferenzfigur oft gestört, die Axenebene liegt bisweilen scheinbar senkrecht zur Symmetrieebene oder gar, wie schon Mügge beobachtete, schief gegen diese. Man vergleiche die Verhältnisse am Prehnit. Brögger, der den anscheinend einaxigen Hydrargillit des Langesund auch optisch erforschte, giebt die optische Orientirung, wie in Fig. 239. — Die positive Bissectrix ist gegen die Axe c um 20° 57′, gegen die Normale auf oP um 25° 28′ im spitzen $\measuredangle \beta$ geneigt. Da die positive Bissectrix und die beiden Axen anscheinend genau zusammenfielen, so musste in dem Langesundvorkommen $a = b$ sein und aus der wirklichen

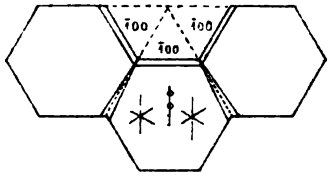


Fig. 238.

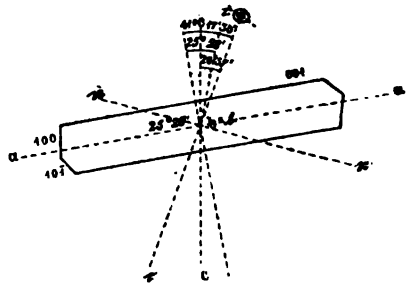


Fig. 239.

Auslöschungsschiefe und der Neigung der in Luft austretenden Axe gegen die Normale auf oP $= 41° 17′ 30″$ ergiebt sich der Werth für $\alpha = \beta = 1.5347$.

Sp. G. = 2.34—2.39. — Chemische Zusammensetzung $Al(OH)_3$. Unschmelzbar. Löslich in heisser Schwefelsäure. Vor der Verwechslung mit Brucit und Kaolin schützt am besten die chemische Untersuchung. Vor Verwechslung mit Muscovit schützt die optische Orientirung.

Der Hydrargillit ist ein nicht seltenes Zersetzungsproduct von Feldspath in den Gesteinen und hier wohl öfter mit Kaolin verwechselt worden. Ueber die Bildung bei der Basaltverwitterung und die Beziehungen zu Bauxit macht Liebrich (l. c.) lehrreiche Mittheilungen.

Glaukonit.

Literatur.

C. W. v. Gümbel, Ueber die Natur und Bildungsweise des Glaukonit. S. M. A. 1886. 3. 417.

Der Glaukonit bildet kleine, rundliche Massen von schiesspulverähnlichen Dimensionen bis zu etwa 3 mm Durchmesser im Maximum. Die Kugelform geht über in das Eiförmige, Walzenförmige, Halbmondförmige und in ganz unregelmässige Gestalten. Die Kugeln aggregiren sich gelegentlich zu kleinen klumpenförmigen oder brombeerähnlichen Häufchen. Die Oberfläche der Glaukonitkörner ist glänzend glatt, seltener punktirt oder netzartig gezeichnet. Einbuchtungen, Kerbungen und Lappung der Kügelchen ist wohl die Folge der Aggregation kleinerer zu einer grösseren Kugel. — Sehr oft bildet der Glaukonit Steinkerne kleiner Organismen, Foraminiferen, Globigerinen, Pteropoden u. s. w. — Die Oberfläche ist oft wie mit einem schwärzlichen oder bräunlichen Firniss überzogen.

Die Textur der Glaukonitkugeln ist feinstkörnig bis körnigschuppig.

Farbe seladongrün in verschiedenen Nüancen. Lichtbrechung schwach. Doppelbrechung ebenso. Bisweilen deutlich ein schwacher Pleochroismus zwischen hellgrün, gelblichgrün und blaugrün. Darnach gehört die Substanz wohl in eines der Krystallsysteme ohne Hauptaxe.

Sp. G. = 2.3 ca. — Chemische Zusammensetzung wesentlich die eines wasserhaltigen Kaliumeisenoxydsilikates, aber unsicher wegen der innigen Mengung mit Thonflocken, Sandkörnchen und Eisenoxyden. — Vor dem Löthrohr schwer zu schwarzer magnetischer Schlacke schmelzend. In kochender HCl langsam löslich unter Hinterlassung von SiO_2 in der Form der Glaukonitkugeln.

Verbreitet in den Sedimenten aller Epochen, zumal im „Grünsand“ der Kreideformation.

Register.

	Seite
Aegirin	533
Aegirin-Augit	537
Aetzfiguren	222
Aggregate	68
„ kuglige	69
Aggregatpolarisation	69
Ainigmatit	686
Akmit	533
Aktinolith	543. 554
Albit	672
Allanit	612
Almandin	301
Alunit	411
Amphibole, monokline	543
„ rhombische	462
Amphodelit	677
Analcim	331
Anatas	349
Andalusit	433
Andesin	675
Anhydrit	432
Anomit	570. 584
Anorthit	677
Anorthoklas	679
Anthophyllit	462
Antigorit	691
Apatit	408
Aragonit	432
Arfvedsonit	543. 564
Aspasiolith	481
Astrophyllit	488
Augit	510. 530
Automolit	291
Axendispersion	103. 182
„ gekreuzte	106. 186
Axendispersion geneigte	104. 184
„ horizontale	105. 185
Axinit	685
Axiolithe	71
Azorit	358
Barkevikit	543. 561
Bastit	460
Bertrand'sches Kreuz	73
Biotit	570. 580
Bonsdorffit	481
Braunspath	405
Brechungsexponent	80
„ Berechnung desselben	157
„ Bestimmung desselben in anisotropen Platten	155
„ Bestimmung desselben in Flüssigkeiten	83
„ Bestimmung desselben in isotropen Platten	84
„ Tabelle derselben	157
Breunnerit	407
Bronzit	454
Brookit	427
Bruch	76
Brucit	388
Bucholzit	439
Bytownit	677
Calcit	402
Cancrinit	417

	Seite
Cassiterit	352
Chagrinirte Oberflächen	82
Chalcedon	396
Chemische Reactionen an Dünnschliffen	215
„ „ an Pulver	259
„ „ durch Gelatination	219
„ „ durch Glühen	224
„ „ durch Krystallisation und Präcipitation	221
„ „ durch Lösung	216
Chiastolith	437
Chlorite	591
Chloritoïd	601
Chloromelanit	539
Chlorophyllit	481
Chondrodit	503
Chromit	288
Chrysotil	691
Comparateur von Michel-Lévy	163
Compensator von Babinet	159
Cordierit	475
Cossyrit	686
Couzeranit	363
Cumulite	31
Cyanit	682
Damourit	589
Deformation d. Krystalle, chemische	40
„ „ „ mechanische	38
Delessit	694
Desmin	624
Diaklasit	459
Diallag	510. 526
Diaspor	431
Dichroskop	202
Diopsid	510. 525
Dipyr	363
Dispersion	81
Disthen	682
Dolomit	405
Doppelbrechung	91
„ Bestimmung ihrer Grösse	159
„ in einaxigen Krystallen	93
Doppelbrechung in zweiaxigen Krystallen	96
„ Tabelle derselben	166
Druckflächen	77
Dumortierit	444
Einschlüsse	43
„ Anordnung derselben	63
„ individualisirte	61
„ von Flüssigkeiten	46
„ von Gasen	44
„ von Glas	60
„ von Schlacken	60
„ zweier Fluida, oder mit doppelten Libellen	53
Eisenglanz	377
Eisenglimmer	377
Ekebergit	363
Eläolith	412
Elasticitätsaxen	96
Enstatit	454
Epidot	607
Epistilbit	625
Esmarkit	481
Eudialyt	422
Eudnophit	334
Eukolit	422
Eukolittitanit	623
Eukryptit	415
Fahlunit	481
Farbe der Mineralien	198
Farbenskala von Newton	141
Fassaït	532
Fayalit	469
Fibrolith	439
Fluorit	293
Forsterit	471
Gahnit	291
Gaseinschlüsse	44
Gastaldit	543. 562
Gedrit	462
Gehlenit	364
Gieseckit	415
Gigantolith	481
Glaukolith	363
Glaukonit	698

	Seite
Glaukophan	543. 562
Gleitflächen	77
Glimmer	570
Globulite	30
Grammatit	543. 553
Granat	294
„ gemeiner	302
Granosphärite	72
Graphit	376
Graphitoïd	283
Grengesit	695
Grenzwinkel	81
Grossular	301
Grünerit	555
Gyps	497
Gypsblättchen mit Roth I. Ordnung	153
Hämatit	377
Härtebestimmung an Pulver	258
Hauyn	323
Hercynit	291
Heulandit	624
Hjortdahlit	688
Hornblende, basaltische	543. 558
„ gemeine	543. 556
Humit	474
Hyalit	282
Hyalosiderit	469
Hydrargillit	697
Hydronephelit	424
Hypersthen	456
Jiwaarit	304
Ilmenit	380
Indianit	677
Indicatoren	245
Interferenzerscheinungen in planparallelen Platten	132
Interferenzfiguren in einaxigen Platten	171
„ in zweiaxigen Platten senkrecht zur Axe	176
„ in zweiaxigen Platten senkrecht zur Bisectrix	178
Interpositionen siehe Einschlüsse.	

	Seite
Isomorphe Schichtung	42
Ittnerit	329
Jade	555
Jadeït	538
Jenkinsit	694
Johnstrupit	614
Kämmererit	600
Kaersutit	560
Kalifeldspathe	626
Kalkeisengranat	303
Kalknatronfeldspathe	653
Kaolin	695
Karpholith	500
Kelyphit	306
Klinohumit	503
Klinochlor	591. 599
Kohle	283
Koppit	338
Kornerupin	447
Korund	384
Kotschubeyit	600
Krokydolith	566
Kryptoperthit	641. 678
Kryptotil	449
Krystallbildung	28
Krystallite	31
Krystallskelette	36
Labradorit	675
Lasurit	331
Lasurstein	330
Latrobit	677
Laumontit	625
Låvenit	540
Lazulith	499
Lenzinit	696
Lepidolith	570. 588
Lepidomelan	570. 580
Leucit	308
Leukoxen	382
Liebenerit	415
Lithionit	570. 587
Longulite	31
Lussatit	397
Lutecit	398

	Seite
Magnesit	407
Magnetit	285
Magnetkies	377
Malakolith	510. 525
Manganepidot	611
Manganpektolith	508
Margarit	590
Margarite	31
Marmolith	694
Masonit	601
Mejonit	362
Melanit	303
Melilith	367
Melinophan	373
Meroxen	570. 580
Messung ebener Winkel	18
„ linearer Grössen	17
„ von Flächenwinkeln	20
Metaxit	694
Mikrofelsit	69
Mikroklin	644
Mikroklinmikroperthit	651
Mikroklinperthit	651
Mikrolithe	37
Mikroperthit	641
Mikroskop als Polarisationsinstrument	168
Monazit	498
Monrolith	439
Mosandrit	614
Murchisonit	630
Muscovit	570. 588
Nakrit	695
Natrolith	492
Natronmikroklin	678
Natronorthoklas	678
Nephelin	412
Nephrit	555
Newtonit	696
Nicol'sche Prismen	116
Nigrin	345
Nosean	323
Ocular von Bertrand	151
„ von L. Calderon	151
Oligoklas	674
Olivin	466
Omphacit	532
Oosit	481
Opal	280
Optische Axe	99
Optischer Axenwinkel	101
„ „ Messung desselben	192
Optischer Charakter, Bestimmung desselben in parallel polarisirtem Lichte	152
Optischer Charakter im convergentpolarisirten Lichte in einaxiger Platte	187
Optischer Charakter im convergentpolarisirten Lichte in zweiaxiger Platte	190
Orthit	612
Orthochlorite	591
Orthoklas	638
Ottrelith	601
Paragonit	570. 590
Passauit	363
Pektolith	508
Pencatit	389
Pennin	591. 599
Perlglimmer	590
Perowskit	335
Perthit	640
Phillipsit	625
Phlogopit	570. 586
Pholerit	695
Picotit	292
Piemontit	611
Pikrolith	691
Pikrosmin	694
Pilit	473
Pinit	481
Pistazit	607. 610
Plagioklase	653
Pleochroismus	201
„ künstlicher	210
Pleochroitische Höfe	209
Pleonast	291
Polarisation	90
Polarisationsbüschel	205
Polarisationsinstrument von Nörremberg	167

	Seite
Polarisationsmikroskop	117
Polarisationswinkel	91
Polyargit	677
Praseolith	481
Predazzit	389
Prehnit	482
Prismatin	447
Prochlorite	591. 599
Protobastit	459
Pseudobrookit	429
Pseudooolithe	72
Pterolith	562
Pyrit	284
Pyrochlor	338
Pyrop	305
Pyroxene, monokline	510
„ rhombische	449
Pyrrhit	337
Pyrrholith	677
Quarz	389
Quarzin	398
Quarzkeil	154
Ranit	424
Rectorit	696
Retinalith	694
Rhodochrom	600
Riebeckit	566
Rinkit	616
Rosellan	677
Rosenbuschit	508
Rotheisenerz	377
Rubellan	586
Rutil	340
Saccharit	677
Sagenit	342
Salit	510. 525
Sanidin	637
Sapphirin	501
Schaliger Bau der Krystalle	42
Scheideapparate	240
Scheideflüssigkeiten	231
Cadmiumborotungstatlösung	233
Jodbaryumquecksilberlösung	235
Jodkaliumquecksilberlösung	231
Jodmethylen	236
Scheideflüssigkeit, schmelzflüssige	237
Schillerspath	460
Schlämmtrog, Eichstädt'scher	229
Schorlomit	304
Schweitzerit	694
Schwimmer s. Indicatoren.	
Sericit	588
Serpentin	690
Sillimanit	437
Sismondin	601
Skapolith	359
Skolezit	625
Skolopsit	329
Smaragdit	554
Sodalith	320
Sonnenstein	675
Spaltung	76
Specifisches Gewicht	256
Bestimmung desselben	256
Tabelle	258
Spessartin	305
Sphärokrystalle	36. 69
Sphärolithe	69
Sphen	619
Spinell	290
Spodumen	539
Staurolith	445
Stauroskop	149
Stauroskopische Methoden	148
Stilbit	624
Strahlstein	543. 554
Talk	490
Thomsonit	494
Thulit	485
Titaneisen	380
Titaneisenglimmer	381
Titanit	619
Titanomorphit	345. 382
Topas	440
Totalreflexion	81
Tremolit	543. 553
Trennung gemengter Pulver	226
„ durch Elektromagnete	250
„ durch Reagentien	254
„ durch Scheideflüssigkeiten	231
„ durch Wasserstrom	227

	Seite
Trennungsapparate s. Scheideapparate.	
Trennungsflüssigkeiten s. Scheideflüssigkeiten.	
Trichite	34
Tridymit	399
Triphan	539
Turmalin	419
Turmalinzange	114
Uralit	568
Uwarowit	307
Vesuvian	365
Viertelundulations-Glimmerblättchen	187
Villarsit	693
Vorhauserit	694
Wachsthumsformen	30
Websky it	694
Wernerit	363
Westphal'sche Wage	246
Withamit	611
Wöhlerit	542
Wörthit	439
Wollastonit	505
Xenolith	439
Xenotim	358
Zinnstein	352
Zinnwaldit	570. 587
Zirkon	354
Zoisit	484
Zonare Structur	42
Zwillinge	64

Erklärung der Tafeln.

Farbendrucktafel.

Die drei ersten Ordnungen der NEWTON'schen Farbenskala.

Tafel I.

Fig. 1. Lösung von Schwefel in einem Gemisch von Schwefelkohlenstoff und Canadabalsam. Es haben sich Globulite und Krystalle mit einem globulitenfreien Hof gebildet. Vergr. 200.
Fig. 2. Dasselbe. Es haben sich Globulite und Longulite gebildet. Vergr. 200.
Fig. 3. Globulite in Basaltglas von Hawaii, Sandwich-Inseln. Vergr. 250.
Fig. 4. Margarite in Obsidian. Clear Lake, Cal. Vergr. 250.
Fig. 5. Trichite in Obsidian. Mexico. Vergr. 200.
Fig. 6. Mikrolithe und Trichite in schillerndem Obsidian. Transkaukasien. Vergr. 225.

Tafel II.

Fig. 1. Sphärokrystalle in Obsidian. Lipari. Vergr. 15.
Fig. 2. Cumulite in Felsitpechstein. Buschbad im Triebischthal, Sachsen. Vergr. 450.
Fig. 3. Augit mit farblosem Krystallisationshof in Trachytpechstein. Hammersfjord, Island. Vergr. 25.
Fig. 4. Krystallskelett von Olivin in Basalt. Palma. Vergr. 100.
Fig. 5. Krystallskelette von Magnetit in Glasbasalt. Prov. Schatung, China. Vergr. 90.
Fig. 6. Krystallskelette von Augit in Pechstein. Arran. Vergr. 90.

Tafel III.

Fig. 1. Sphärische Aggregate und Bündel von Feldspathkrystallen in Trachyt. Caucasus. Vergr. 60.
Fig. 2. Zerbrochener Feldspathkrystall in Augitandesit. Grad-Jakan, Java. Vergr. 33.
Fig. 3. Gebogener und aufgeblätterter Glimmer in Augitminette. Fuchsmühle bei Weinheim a. d. Bergstrasse. Vergr. 42.
Fig. 4. Zerquetschter Granat in Glimmerschiefer. Brixen, Tyrol. Vergr. 10.
Fig. 5. Randlich zertrümmerter Feldspath in Anorthosit; Chicoutimi, Quebec, Canada. Vergr. 10.

Fig. 6. Albit, verquetscht und in seinen Theilen verschoben. In gewöhnlichem Lichte. Aus Phyllitgneiss. Allen's Creek, Victoria, Australien. Vergr. 10.

Tafel IV.

Fig. 1. Derselbe zwischen gekreuzten Nicols.
Fig. 2. Biotitkrystall, randlich corrodirt und mit Druckfigur aus Porphyrit. Ilfeld, Harz. Vergr. 22.
Fig. 3. Plagioklas mit gebogenen Lamellen bei gekreuzten Nicols; aus Olivingabbro. Store Bekkafjord, Norwegen. Vergr. 45.
Fig. 4. Durch Corrosion deformirter Quarzkrystall aus Quarzporphyr von Scharfenstein, Münsterthal, Schwarzwald. Vergr. 25.
Fig. 5. Durch Corrosion deformirter Nosean aus Leucitophyr vom Burgberg bei Rieden. Vergr. 12.
Fig. 6. Schaliger Bau am Plagioklas in Melaphyr. Bufaure, Fassathal. Vergr. 36.

Tafel V.

Fig. 1. Schaliger Bau am Melanit in Phonolith. Steinriesenweg bei Oberbergen, Kaiserstuhl. Vergr. 60.
Fig. 2. Schaliger Bau am Augit in Leucitit. Kreuzle bei Rothweil, Kaiserstuhl. Vergr. 21.
Fig. 3. Sanduhrförmiger Schalenbau am Augit in Nephelinit. Eichberg bei Rothweil, Kaiserstuhl. Vergr. 45.
Fig. 4. Gaseinschlüsse in Obsidian. Mexico. Vergr. 80.
Fig. 5. Flüssigkeitseinschlüsse in Steinsalz. Friedrichshall, Württemberg. Vergr. 200.
Fig. 6. Zwei sich nicht mischende Fluida in einem Einschluss in Rauchquarz. Branchville, Conn. Vergr. 100.

Tafel VI.

Fig. 1. Flüssigkeitseinschlüsse mit ausgeschiedenem Krystall in Quarz aus Granitporphyr. Cornwall. Vergr. 210.
Fig. 2. Die Wandung nicht netzende Flüssigkeitseinschlüsse in Topas. Schneckenstein, Sachsen. Vergr. 84.
Fig. 3. Glaseinschlüsse in Quarz, dihexaëdrisch, aus Quarzporphyr von Dossenheim a. d. Bergstrasse. Vergr. 72.
Fig. 4. Glaseinschlüsse mit mehreren Bläschen in Oligoklas. Pantelleria. Vergr. 100.
Fig. 5. Quarzeinschlüsse im Heulandit. Färoer. Vergr. 30.
Fig. 6. Mikrolitheneinschlüsse in Hypersthen. Paulsinsel. Vergr. 30.

Tafel VII.

Fig. 1. Centrale Anhäufung von Einschlüssen in Feldspath aus Trachyt von Monte Olebano bei Pozzuoli, Neapel. Vergr. 5.
Fig. 2. Peripherische Anhäufung von Einschlüssen in Feldspath aus Hornblende-Andesit. Südserbien. Vergr. 54.
Fig. 3. Zonare Anordnung von Einschlüssen in Leucit aus Vesuvlava. Monte Somma. Vergr. 13.

Fig. 4. Durchdringung von Quarz und Orthoklas aus Granophyr. Sperberbächel bei Hohwald, Vogesen. Vergr. 80.

Fig. 5. Aggregat von Quarzkörnern in gewöhnlichem Lichte, aus Granitporphyr. Grosssachsener Thal, Odenwald. Vergr. 24.

Fig. 6. Dasselbe, bei gekreuzten Nicols. Die Figur sollte um etwa 90° nach links herumgedreht sein.

Tafel VIII.

Fig. 1. Durchdringung von Augit mit Plagioklas, Magnetit und Apatit aus Basalt. Löwenburg, Siebengebirge. Vergr. 30.

Fig. 2. Sphärokrystalle von Chalcedon zwischen gekreuzten Nicols aus Diabasporphyrit. Pfalz. Vergr. 50.

Fig. 3. Oolithkörner zwischen gekreuzten Nicols. Von einem Korallenriff, Bahama-Inseln. Vergr. 20.

Fig. 4. Granosphärit von Quarz zwischen gekreuzten Nicols aus Eisenkiesel. Stiftsbuckel, Heidelberg. Vergr. 25.

Fig. 5. Bertrand'sche Interferenzkreuze an Sphärosiderit von Steinheim, Wetterau. Vergr. 35.

Fig. 6. Oktaëdrische Spaltung, Schnitt parallel O (111) an Fluorit. Markirch. Vergr. 42.

Tafel IX.

Fig. 1. Prismatische Spaltung, Schnitt parallel oP (001) an Skapolith. Oedegarden bei Bamle, Norwegen. Vergr. 150.

Fig. 2. Rhomboëdrische Spaltung, Schnitt parallel R (10$\bar{1}$1); Calcit. Auerbach a. d. Bergstrasse. Vergr. 30.

Fig. 3. Spaltung nach Prisma und zwei vertikalen Pinakoiden im Schnitt nach oP (001); Hypersthen. Paulsinsel. Vergr. 24.

Fig. 4. Pyramidale Spaltung, Schnitt nach oP (001); an Anatas. Oisans, Dauphiné. Vergr. 24.

Fig. 5. Prismatische Spaltung, Schnitt senkrecht zu c, am Augit aus Nephelintephrit. Neunlinden am Kaiserstuhl. Vergr. 39.

Fig. 6. Prismatische Spaltung, Schnitt senkrecht zu c, an Hornblende aus Dacit. Timokthal, Serbien. Vergr. 36.

Tafel X.

Fig. 1. Pinakoidale Spaltung im Schnitt senkrecht zu derselben; Glimmer aus Granitit. Grasstein bei Mauls, Tyrol. Vergr. 30.

Fig. 2. Spaltung nach oP (001) und $\infty\breve{P}\infty$ (010) in einem Schnitt nach $\infty\bar{P}\infty$ (100) bei Orthoklas aus Augitsyenit. Laurvig, Norwegen. Vergr. 27.

Fig. 3. Spaltung nach oP (001) und $\infty\bar{P}\infty$ (100) im Schnitt nach $\infty\breve{P}\infty$ (010) bei Epidot aus Epidotfels von Auerbach an der Bergstrasse. Vergr. 60.

Fig. 4. Spaltung nach ∞P (110) im Schnitt senkrecht zu c bei Titanit aus Syenit von Löhrbach, Odenwald. Vergr. 75.

Fig. 5. Kieselfluornatriumkrystalle. Vergr. 72.

Fig. 6. Kieselfluornatriumkrystalle und Kieselfluoraluminium (amorph) aus Sodalith. Vesuv. Vergr. 27.

Tafel XI.

Fig. 1. Dasselbe. Vergr. 160, 100 und 140.
Fig. 2. Kieselfluorkaliumkrystalle aus Apophyllit, Fassathal, dargestellt. Vergr. 130.
Fig. 3. Kieselfluorkaliumkrystalle aus Sanidin, Wehr, dargestellt. Vergr. 140.
Fig. 4. Kieselfluorlithiumkrystalle und Kieselfluoraluminium aus Zinnwaldit dargestellt. Vergr. 100.
Fig. 5. Kieselfluorcalciumkrystalle. Vergr. 45.
Fig. 6. Kieselfluorcalciumkrystalle aus Apophyllit dargestellt. Vergr. 42.

Tafel XII.

Fig. 1. Kieselfluormagnesiumkrystalle aus Biotit dargestellt. Vergr. 30.
Fig. 2. Gypskrystalle. Vergr. 20.
Fig. 3. Cäsiumalaunkrystalle. Vergr. 20.
Fig. 4. Krystalle von Ammoniummagnesiaphosphat (Struvit). Vergr. 10.
Fig. 5. Dasselbe aus sehr verdünnter Lösung. Vergr. 30.
Fig. 6. Phosphorsaures Molybdän-Ammoniak in Krystallen. Vergr. 140.

Tafel XIII.

Fig. 1. Zirkonerdekrystalle. Vergr. 120.
Fig. 2. Hornblende mit Magnetitrand und Kranz von Augit und Magnetit, aus Nephelintephrit von Gran Canaria. Vergr. 130.
Fig. 3. Doppelbrechung an Granat, im Schnitt nach ∞O (110). Peru. Vergr. 9.
Fig. 4. Interpositionen im Granat, nach den Axenebenen geordnet; Quarzit von Libramont. Luxemburg. Vergr. 15. 24.
Fig. 5. Granat mit Kelyphitschale; Olivinfels. Karlstetten, Nieder-Oesterreich. Vergr. 15.
Fig. 6. Leucit mit zonarem Wechsel verschiedener Einschlüsse; Vesuvlava. Vergr. 165.

Tafel XIV.

Fig. 1. Leucit in gestreiftem Melilith, aus Leucitit vom Capo di Bove bei Rom. Vergr. 48.
Fig. 2. Leucit von Augit kranzförmig umgeben, aus Leucitophyr. Olbrück, oberes Brohlthal. Vergr. 80.
Fig. 3. Perowskit in Melilithbasalt. Spitzberg bei Wartenberg, Böhmen. Vergr. 170.
Fig. 4. Rutil (Thonschiefernädelchen) aus Thonschiefer von Kautenbach in Luxemburg isolirt, Vergr. 240; und in Thonschiefer von Hahnenbach bei Kirn a. d. Nahe. Vergr. 250.
Fig. 5. Zirkonkrystalle aus Granitit von Strehlen, Schlesien, isolirt. Vergr. 160 und 140.
Fig. 6. Melilith mit Pflockstructur in Nephelinbasalt von Oahu, Sandwich-Inseln. Vergr. 66.

Tafel XV.

Fig. 1. Titaneisen peripherisch in Titanit (Leukoxen) umgewandelt. Alpbachthal bei Brixlegg, Tyrol. Vergr. 24.

Fig. 2. Titaneisen fast vollständig in Leukoxen umgewandelt; Augitpropylit. Schemnitz. Vergr. 18.
Fig. 3. Korund in dunklen Schlieren des Norit, Wolfsgrube bei Klausen, Tyrol. Vergr. 72.
Fig. 4. Tridymit in Trachyt von Pomasqui, N. Quito, Ecuador. Vergr. 84.
Fig. 5. Calcit mit Zwillingslamellen nach $-\frac{1}{2}R$ bei gekreuzten Nicols. Vergr. 45.
Fig. 6. Vertikalschnitt durch Nephelin in Leucitophyr von Olbrück, oberes Brohlthal. Vergr. 190.

Tafel XVI.

Fig. 1. Andalusit in basalen und vertikalen Schnitten; Andalusithornfels. Andlau, Vogesen. Vergr. 25.
Fig. 2. Chiastolith in Schnitten parallel und schief zur Basis; Chiastolithschiefer. Pyrenäen. Vergr. 18.
Fig. 3. Sillimanit in Quarz eingewachsen; aus Gneiss von Freiberg, Erzgebirge. Vergr. 25.
Fig. 4. Vertikalschnitt von Bronzit. Kupferberg, Schlesien. Vergr. 57.
Fig. 5. Schnitt parallel (010) durch Enstatit und Diallag in paralleler Verwachsung. Gröditzberg bei Liegnitz, Schlesien. Vergr. 36.
Fig. 6. Enstatit in Bastit umgewandelt, Melaphyr. Hohenstein bei Ilfeld, Harz. Vergr. 45.

Tafel XVII.

Fig. 1. Olivin mit symmetrisch gestalteten und geordneten Glaseinschlüssen, aus glasigem Basalt. Mauna Loa, Sandwichinseln. Vergr. 190.
Fig. 2. Zwillingsverwachsungen von Olivinkrystallen nach $P\breve{\infty}$ (011), aus Nephelinbasalt vom Randen, Hegau. Vergr. 75.
Fig. 3. Runzelige Oberfläche des Olivin in Canadabalsam, Basalt. Steinschönau, Böhmen. Vergr. 57.
Fig. 4. Olivin in vorgeschrittener Serpentinisirung; Olivinnorit. Obere Baste. Harzburg. Vergr. 27.
Fig. 5. Olivin (Hyalosiderit) mit breiter, randlicher Ausscheidung von Eisenoxyd, Limburgit. Limburg bei Sasbach, Kaiserstuhl. Vergr. 42.
Fig. 6. Olivin in Hornblende (Pilit) umgewandelt; Kersantit. Marbach, Nieder-Oesterreich. Vergr. 42.

Tafel XVIII.

Fig. 1. Penetrationsdrilling von Cordierit, bei gekreuzten Nicols; Auswürfling des Asama Yama, Japan. Vergr. 140.
Fig. 2. Zoisit in Längs- und Querschnitten; Amphibolit von Zamborinho bei Macedo, Portugal. Vergr. 25.
Fig. 3. Augit mit Zwillingsbildung nach $\infty P\breve{\infty}$ (100) bei gekreuzten Nicols; Palatinit von Martinstein b. Kreuznach. Vergr. 22.
Fig. 4. Augit mit Zwillingslamellen nach oP (001), Diabas von Newhaven, Conn., U. S. A. Vergr. 96.
Fig. 5. Knäuelartige Durchwachsungen von Augitkrystallen, Limburgit. Limburg, Sasbach, Kaiserstuhl. Vergr. 18.
Fig. 6. Wachsthumsform an Augit; Vesuvlava, Monte Somma. Vergr. 60.

Tafel XIX.

Fig. 1. Wachsthumsformen an Augit; Felsitpechstein von Corriegills auf Arran. Vergr. 96 und 130.

Fig. 2. Schalenbau am Augit mit corrodirtem Kern; Nephelinit. Horberig bei Oberbergen, Kaiserstuhl. Vergr. 34.

Fig. 3. Spaltung des Augit in Schnitten parallel c; Leucitbasalt. Vormberg bei Ihringen, Kaiserstuhl. Vergr. 33.

Fig. 4. Spaltung des Diallag nach ∞P (110) und $\infty\breve{P}\infty$ (100) im Schnitt senkrecht zu c. Olivingabbro. Hausdorf, Schlesien. Vergr. 30.

Fig. 5. Augit und Hornblende in paralleler Verwachsung. Pikrit von Heim bei Oberdieten, Nassau. Vergr. 42.

Fig. 6. Umwandlung von Augit in Chlorit. Proterobas von Stiebitz bei Bautzen, Sachsen. Vergr. 30.

Tafel XX.

Fig. 1. Zwillingsbildung an Hornblende nach $\infty\breve{P}\infty$ (100) in basischem Schnitt bei gekreuzten Nicols. Aus Amphibolitgranitit von Pré de Fouchon bei Gerardmer, Vogesen. Vergr. 80.

Fig. 2. Schalenbau an Hornblende in basischem Schnitt, Quarzdiorit. Little Falls, Minnesota, U. S. A. Vergr. 45.

Fig. 3. Uralit in basischem Schnitt, Uralitporphyrit. Miask. Vergr. 30.

Fig. 4. Uralit in vertikalem Schnitt, Uralitporphyrit. Predazzo, Tyrol. Vergr. 9.

Fig. 5. Biotit mit Rutilnadeln. Aus Dioritporphyrit vom Lippenhof bei Kirnach, Schwarzwald. Vergr. 120.

Fig. 6. Umwandlung des Biotit in Chlorit. Gangmitte des Bodegangs, Bodethal, Harz. Vergr. 27.

Tafel XXI.

Fig. 1. Ottrelith in basischem Schnitt mit Schalenbau, Phyllit. Harvey Hills, Leeds, Canada. Vergr. 56.

Fig. 2. Zwillingsbildung an Ottrelith im Vertikalschnitt, bei gekreuzten Nicols, Phyllit. Ottrez, Belgien. Vergr. 24.

Fig. 3. Sanduhrförmiger Schalenbau an Ottrelith im Vertikalschnitt; ebendaher. Vergr. 27.

Fig. 4. Zwillingsbildung an Titanit bei gekreuzten Nicols, Eläolithsyenit. Foya, Portugal. Vergr. 66.

Fig. 5. Carlsbader Zwilling von Sanidin im klinodiagonalen Schnitt, Phonolith. Wolfs Rock, Landsend, England. Vergr. 15.

Fig. 6. Bavenoer Zwilling an Sanidin in Leucitophyr vom Engler Kopf bei Rieden, im polarisirten Licht. Vergr. 52.

Tafel XXII.

Fig. 1. Schalenbau an Orthoklas, durch beginnende Verwitterung hervortretend, im Schnitt nach $\infty\grave{P}\infty$ (010), Amphibolgranitit. Val d'Ajol, Vogesen. Vergr. 8.

Fig. 2. Querabsonderung an Sanidin, Phonolith. Hohenkrähen, Hegau. Vergr. 21.

Fig. 3. Parallele Verwachsung von Sanidin und Plagioklas bei gekreuzten Nicols, Trachyt. Mont Dore, Auvergne. Vergr. 48.

Fig. 4. Zeolithisirung des Sanidin in Phonolith vom Hohentwiel, Hegau. Vergr. 25.
Fig. 5. Durchdringung von Orthoklas und Plagioklas, bei gekreuzten Nicols. Augitgneiss. Seyberer Berg, Niederösterreich. Vergr. 24.
Fig. 6. Mikroperthitische Durchwachsung von Orthoklas und Albit in einem Vertikalschnitt. Granitit. Moslawina, Croatien. Vergr. 75.

Tafel XXIII.

Fig. 1. Dasselbe in verschiedenen Schnitten. Gneiss. Chicoutimi, Quebec, Canada. Vergr. 40.
Fig. 2. Umwandlung des Orthoklas zu Muscovit. Granitporphyr. Erdmannsdorf, Schlesien. Vergr. 33.
Fig. 3. Mikroklin, Schnitt nach oP (001), bei gekreuzten Nicols. Arendal. Vergr. 21.
Fig. 4. Parallele Verwachsung von Mikroklin und Albit, Schnitt nach $\infty P\breve{\infty}$ (010), bei gekreuzten Nicols. Unterflockenbach, Odenwald. Vergr. 12.
Fig. 5. Leistenform der Plagioklase. Nephelinbasanit. Insel Palma, Canarische Inseln. Vergr. 87.
Fig. 6. Schalenbau der Plagioklase mit verschiedener optischer Orientirung in den einzelnen Schalen, bei gekreuzten Nicols. Felsitpechstein. Cunardo bei Lugano. Vergr. 39.

Tafel XXIV.

Fig. 1. Zwillingsstreifung der Plagioklase nach dem Albitgesetz, bei gekreuzten Nicols. Diabas. Biella. Piemont. Vergr. 45.
Fig. 2. Zwillingslamellirung am Plagioklas nach dem Albit- und Periklingesetz, bei gekreuzten Nicols. Olivingabbro. Le Prese, Veltlin. Vergr. 12.
Fig. 3. Netzartige Durchwachsung von Plagioklas mit Glaseinschlüssen. Augitandesit. Tokayer Bahnhof, Ungarn. Vergr. 57.
Fig. 4. Serpentin aus Olivin entstanden, mit Maschenstructur. Schweidnitz, Schlesien. Vergr. 24.
Fig. 5. Serpentin aus Amphibol entstanden, mit Gitterstructur, bei gekreuzten Nicols. Rauenthal bei Markirch, Vogesen. Vergr. 45.
Fig. 6. Serpentin, aus Augit entstanden, mit Balkenstructur, bei gekreuzten Nicols. Sprechenstein bei Sterzing, Tyrol. Vergr. 45.

1

2

3

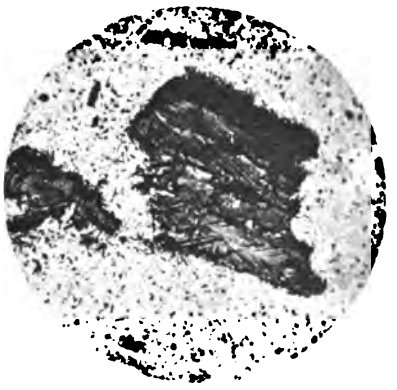
4

5

6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

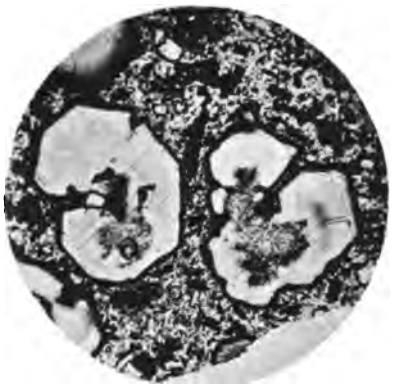
1



2

3

4

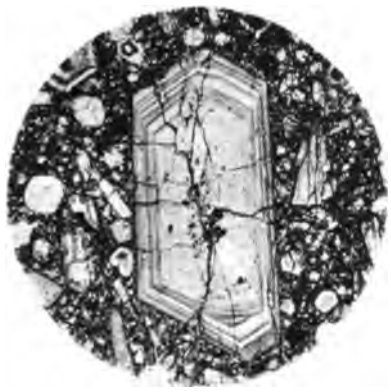


5

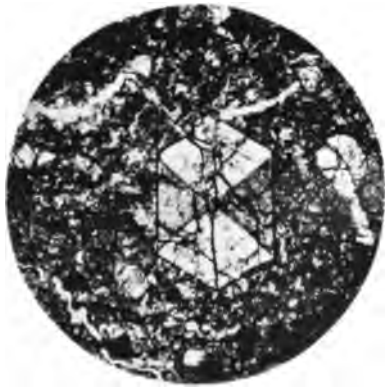
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

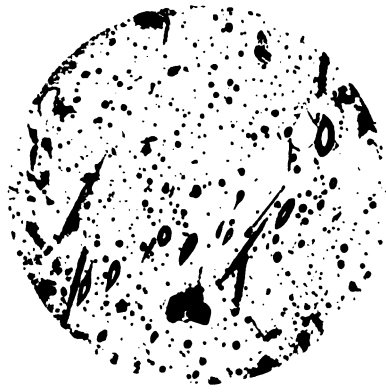
1



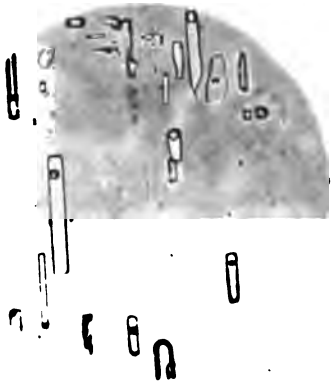
2



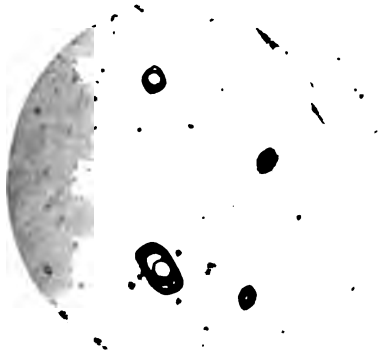
3



4

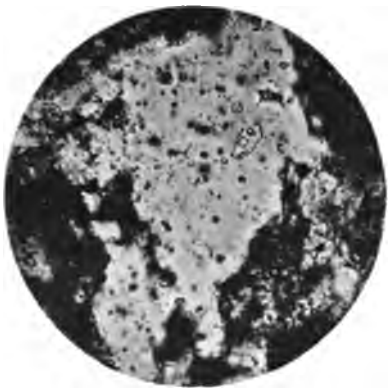


5



6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

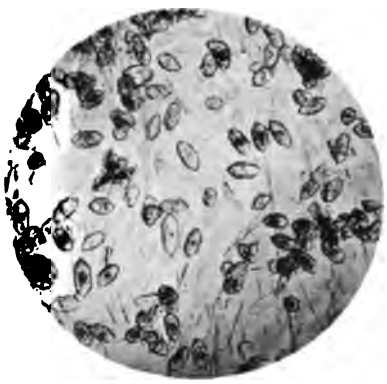


1

2

3

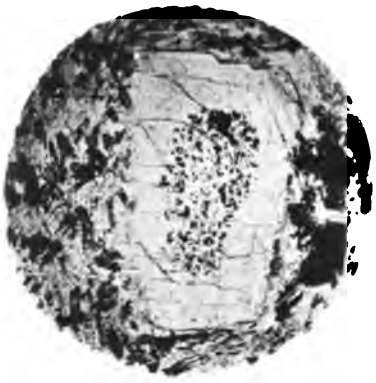
4



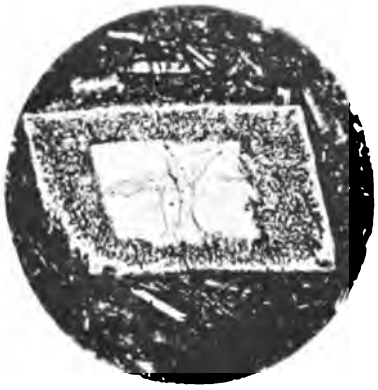
5

6

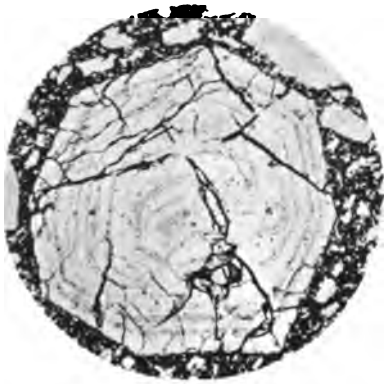
Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.



1

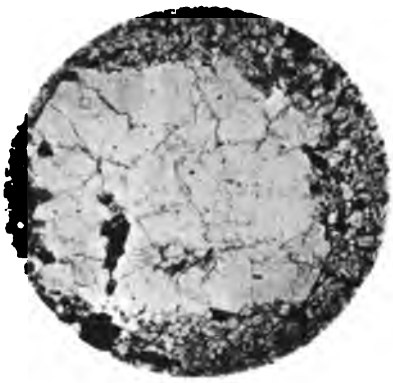


2



3

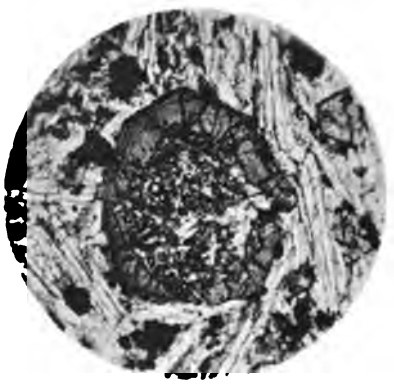
4



5

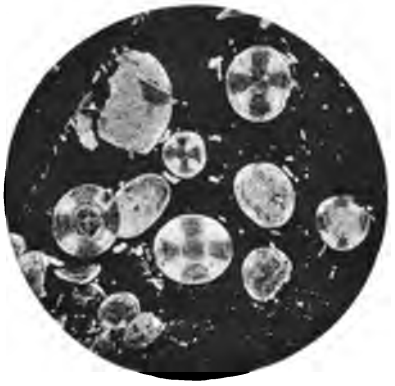
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

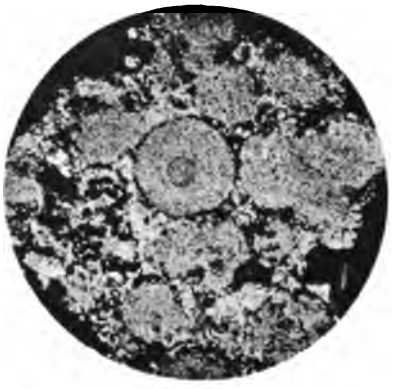


1

2

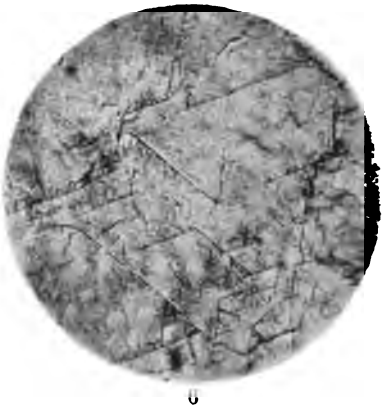


3



4

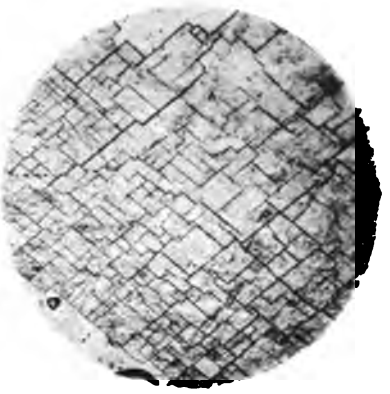
5



6

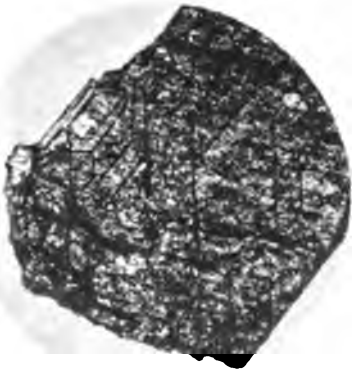
Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

1

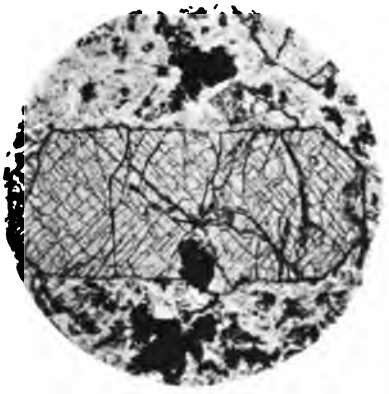


2

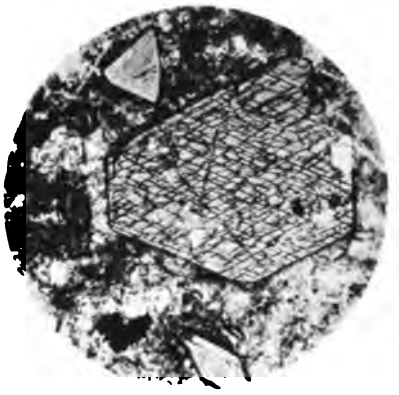
3



4

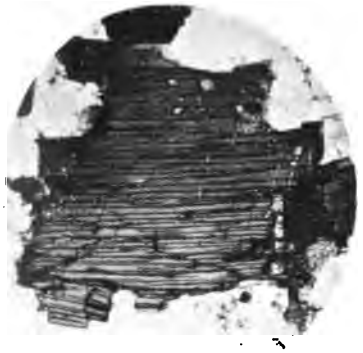


5



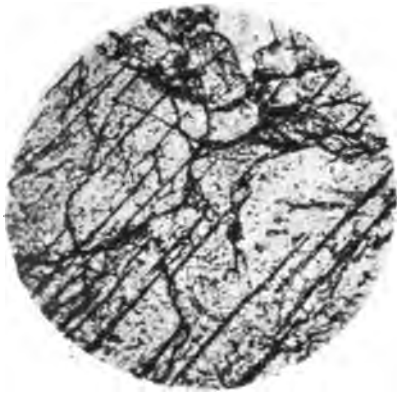
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.



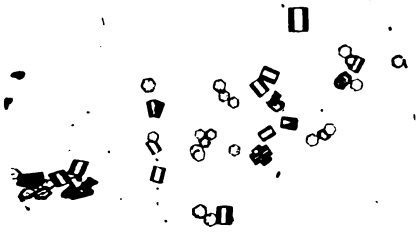
1

2

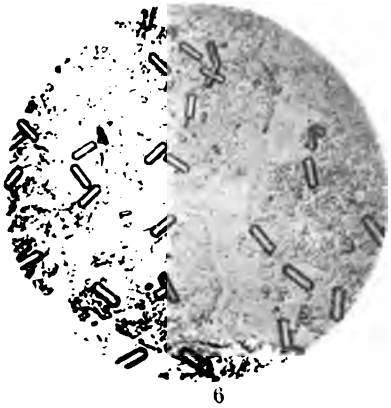


3

4



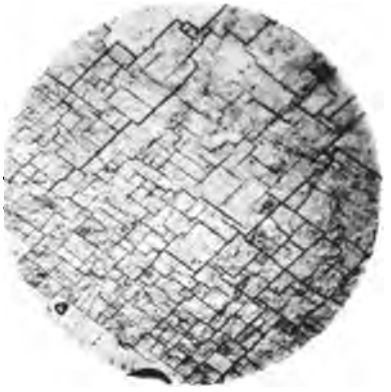
5



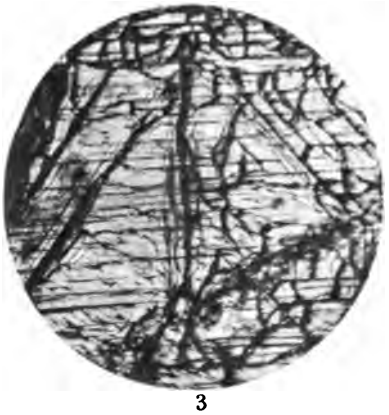
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

1

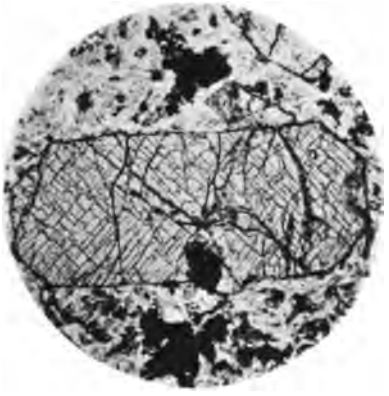


2



3

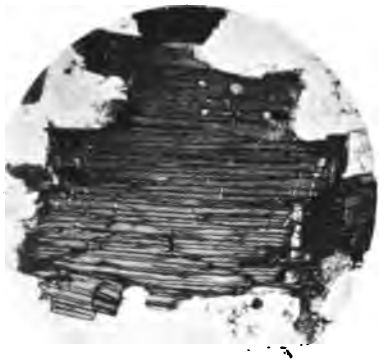
4



5

6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

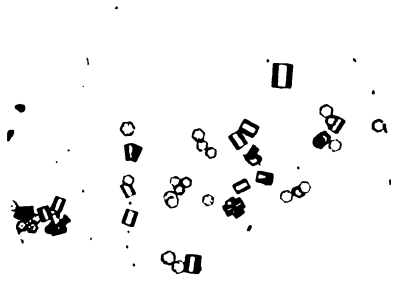


1

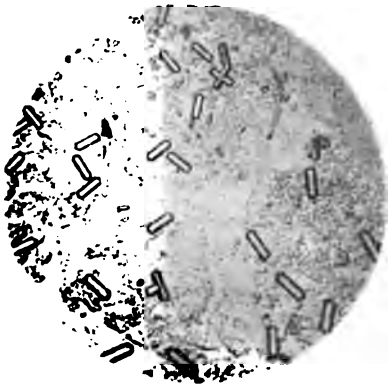
2

3

4



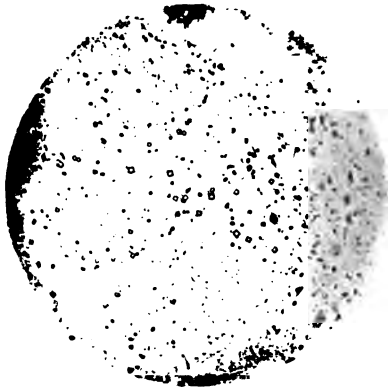
5



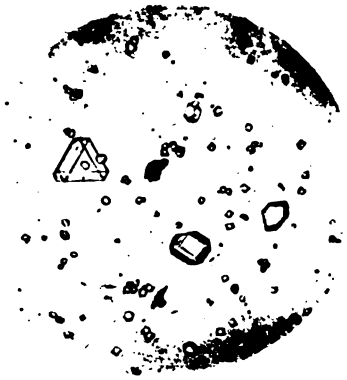
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

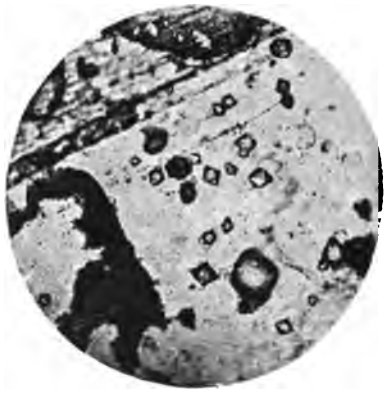
1



2



3



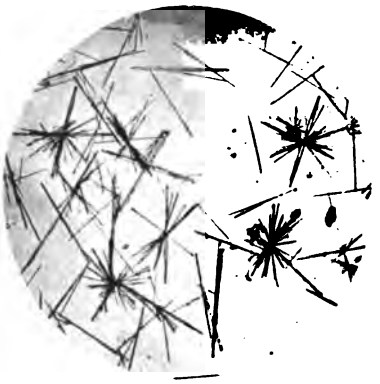
4

5

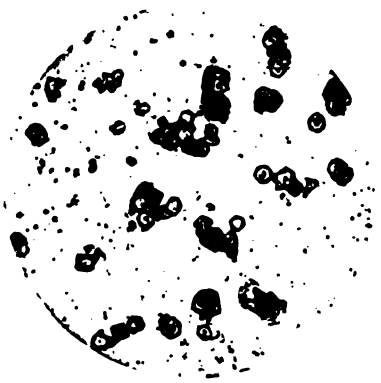
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

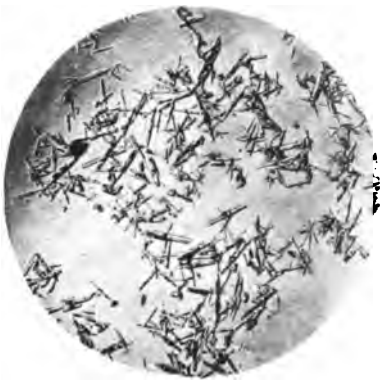
1



2

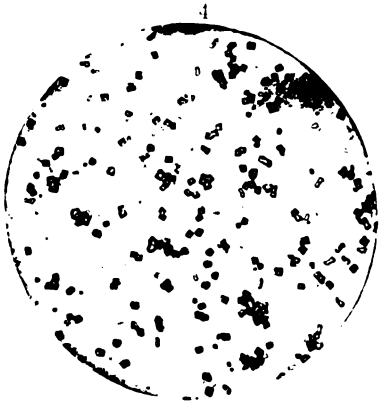


3



4

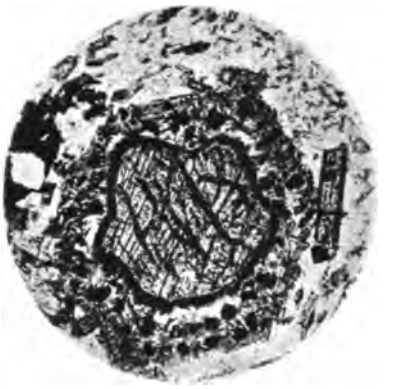
5



6

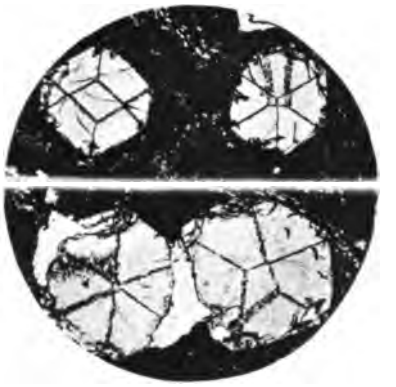
Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

1



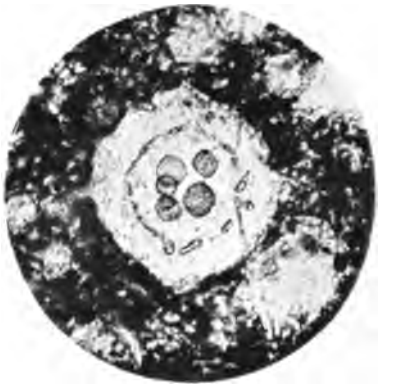
2

3



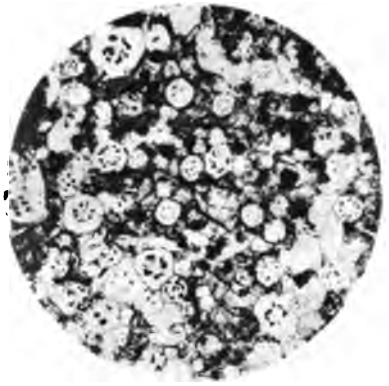
4

5

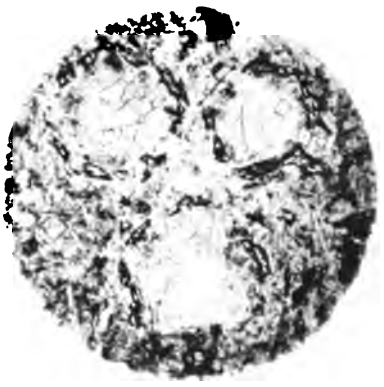


6

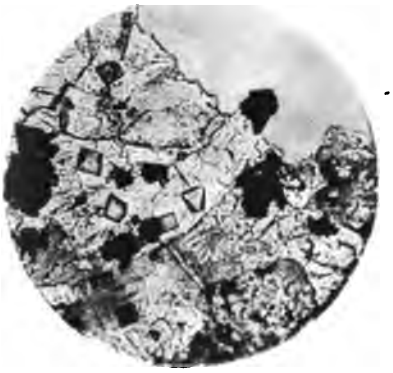
Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.



1



2



3

4

5

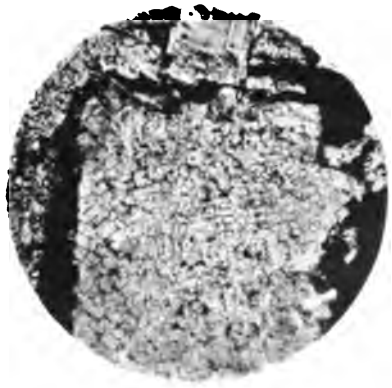
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

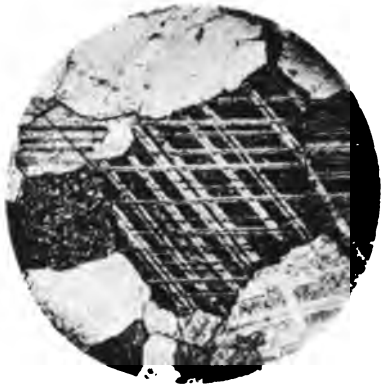
1

2

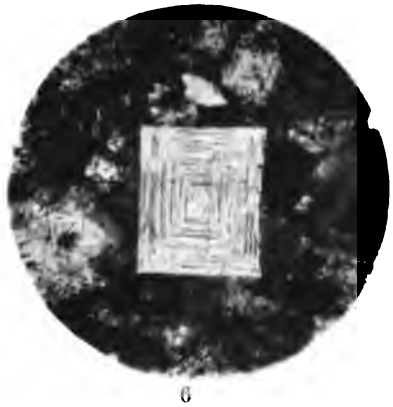
3



4



5

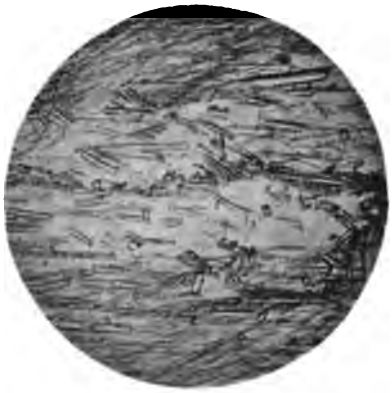


6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

1

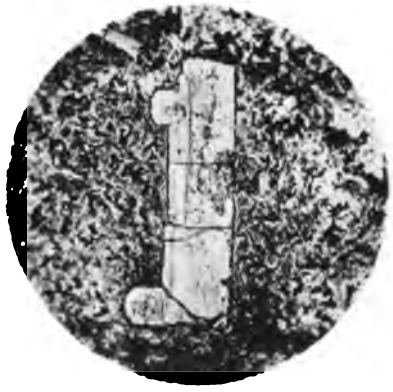
2



3

4

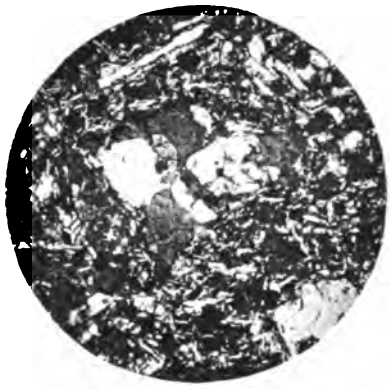
5



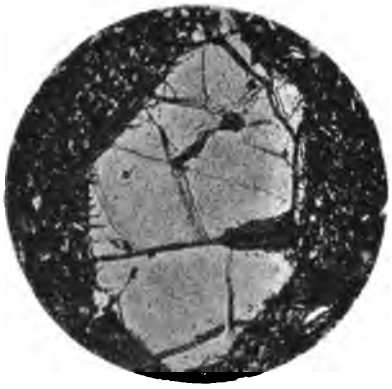
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

1



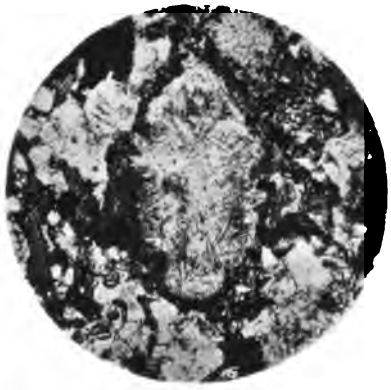
2



3

4

5

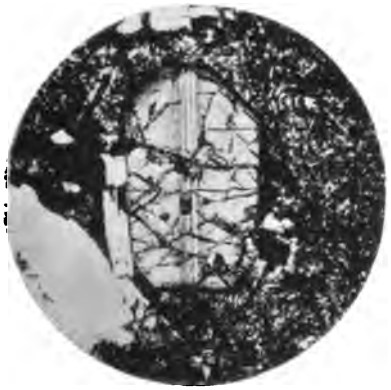


6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

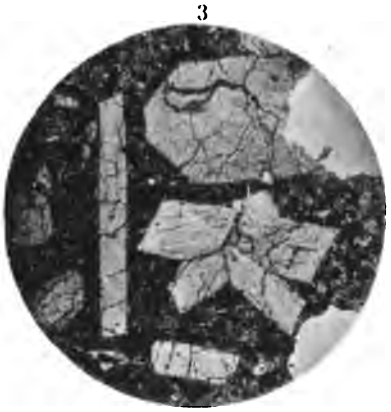
1

2

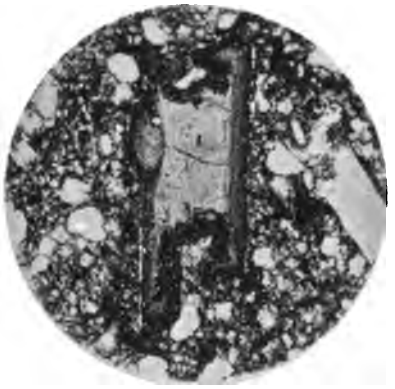


3

4



5



6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

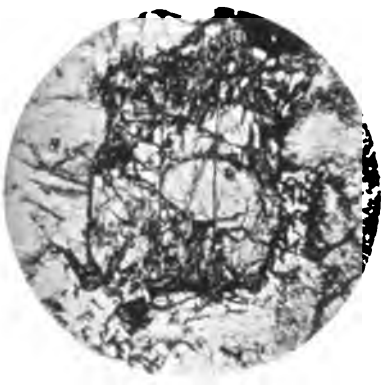
1

2

3

4

5

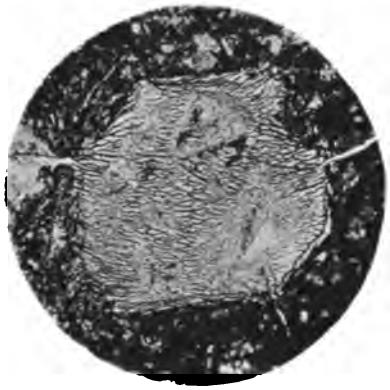


6

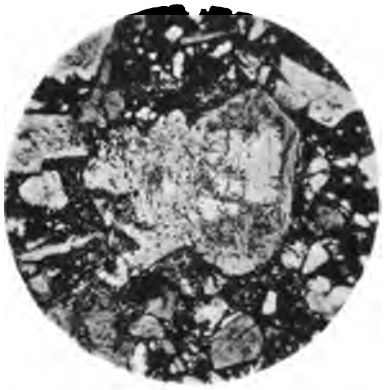
Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

1

2



3



4

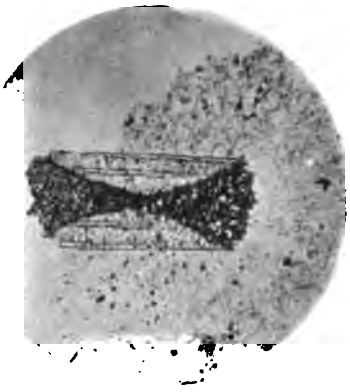
5

6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

1

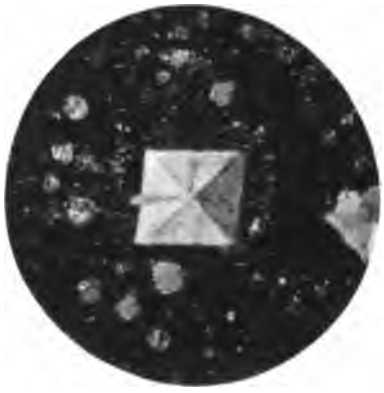
2



3

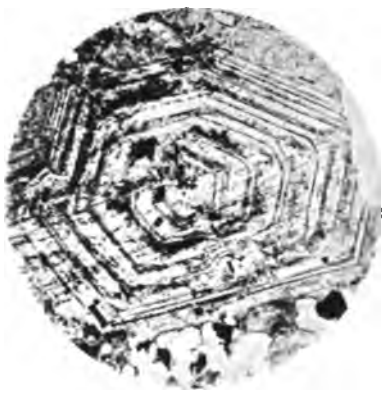
4

5



6

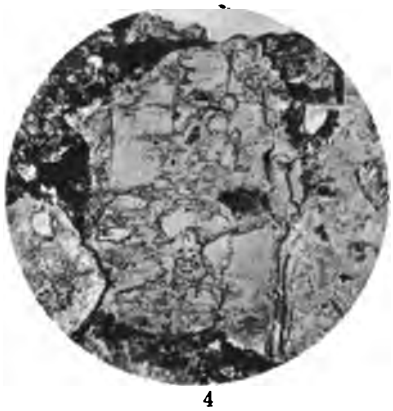
Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.



1

2

3



4

5

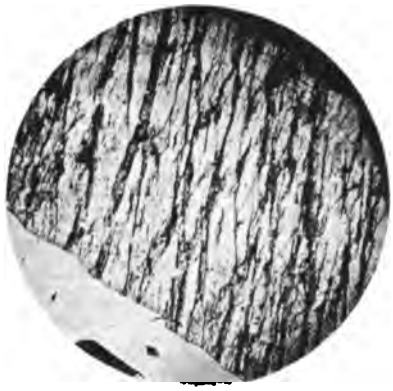
6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

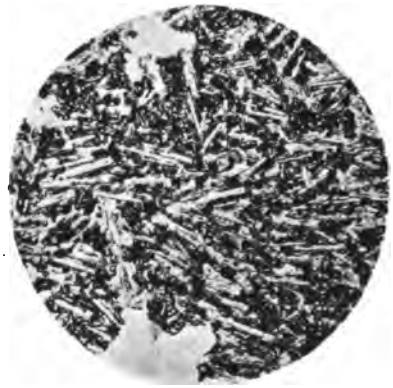
1

2

3



4



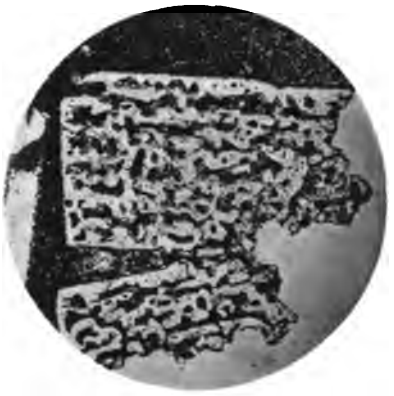
5

6

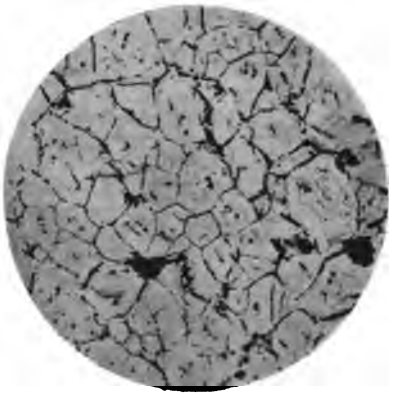
Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

1

2



3



4

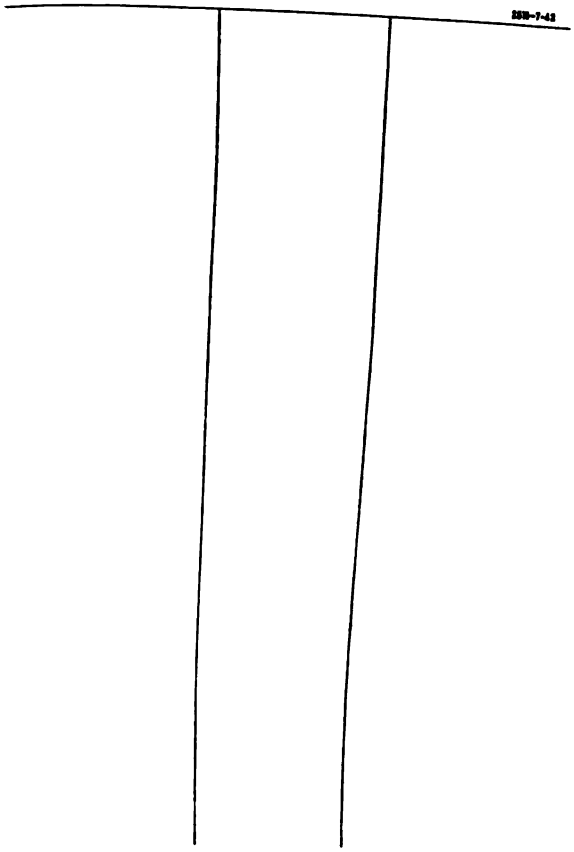
5

6

Mikrophotogramme von J. Grimm in Offenburg i. B.

To avoid fine, this book should be returned on
or before the date last stamped below

2810-7-42



552 .R813 C.1
Mikroskopische Physiographie d
Stanford University Libraries
3 6105 032 266 509

Locked
Stack

10112

Locked
Stack